

P

Phys. sp.

706

h

Phys. Sp. 706 $\frac{1}{2}$

Ursachen



Ueber die Ursachen

der

physikalischen Erscheinungen.

Frankfurt a. M.

Heyder & Zimmer.

1874.



physikalischen Erscheinungen

Frankfurt a. M.

Heidel & Zimmer

1874

Elektricität.

Wenn bei einem isolirten Leiter der Elektricität die positive und die negative Elektricität sich vereinigen, so entsteht ein neues Product, welches wir den elektrischen Aether nennen wollen. Die Annahme, dass durch die Vereinigung der getrennten Elektricitäten das absolute Nichts resultiren sollte, ist weder logisch zulässig noch experimentell bewiesen; wenn auch der elektrische Aether direct weder durch die Sinne des menschlichen Organismus noch durch physikalische Apparate nachgewiesen werden kann, so lässt sich dennoch seine wirkliche Existenz mit aller Bestimmtheit darthun und zwar zunächst durch das Auftreten der beiden Spaltungsproducte, in welche er zerfällt, nämlich der positiven und der negativen Elektricität.

Wenn also ein Körper dasjenige Maass von elektrischem Aether enthält, welches ihm seiner inneren Natur nach zukommt, so befindet er sich im gewöhnlichen Zustand. Unter Aether verstehen wir eine körperlose Materie, welche, obwohl ebenso wesentlich bestehend als die Materie, sich dennoch von dieser in allen Eigenschaften unterscheidet. Der Aether nimmt keinen Raum ein und hat deshalb eine im Vergleich zu körperlichen Dingen unendliche Geschwindigkeit; er durchdringt alle Körper, aber nicht durch mechanische Zwischenräume, sondern als zur inneren Constitution dieser Körper gehörig und als integrierender Bestandtheil derselben. Die Eigenschaften des elektrischen

Aethers bestehen in seiner ruhenden Gegenwart; sie sind in seinem inneren Wesen begründet und werden nicht erst durch irgendwelche Arten der Bewegung hervorgerufen.

Das Auffallendste indessen am Aether und mit unsern Vorstellungen der körperlichen Dinge am wenigsten vereinbar ist seine Umwandlungs- oder Umsetzungs-Fähigkeit. Ein Beispiel hierfür fanden wir bereits in der Thatsache, dass sich der elektrische Aether in die $+E$ und $-E$ zu spalten und aus diesen wieder zu entstehen vermag. Wir müssen nun annehmen und werden dies im Folgenden beweisen, dass diese Fähigkeit des Aethers sich umzusetzen oder durch eine Veränderung seines Zustandes die Eigenschaften und das Wesen eines anderen Aethers anzunehmen, sich nicht allein auf die Spaltungsproducte des elektrischen Aethers bezieht, sondern sogar Geltung hat in Bezug auf die Umsetzungen in Licht, Wärme und Magnetismus.

Wir beschäftigen uns zunächst mit der Spaltung des elektrischen Aethers in die $+E$ und in die $-E$ und lernen unter den Ursachen, welche eine solche bewirken, die Reibung kennen. Indem wir auf das Princip der Reibung später zurückkommen, genügt uns hier die Thatsache, dass beim Reiben zweier Körper ein Theil ihres elektrischen Aethers unter gleichzeitiger Spaltung in $+E$ und $-E$ in Freiheit gesetzt wird. Je nach der Anziehungskraft der reibenden Körper zu diesen Spaltungsproducten wird der eine Körper positiv, der andere negativ elektrisch; so finden wir bei der gewöhnlichen Elektrisirmaschine, dass die $+E$ auf die Glasscheibe, die $-E$ auf das Reibzeug übergeht. Diese Spaltung findet nur an der Oberfläche der reibenden Körper statt, und hier ist der den Körpern eigenthümliche Gehalt an elektrischem Aether durch die Spaltungsproducte desselben ersetzt. Wenn deshalb die getrennten Elektricitäten von den beiden Polen der Maschine abgeleitet werden, so ist die nächste Folge die, dass dieser den

reibenden Körpern zukommende Gehalt an elektrischem Aether sich genau wieder in dem Maasse ersetzen muss, als er durch Ableitung der getrennten Elektricitäten verringert wurde. Indem so der elektrische Aether, der sich ja überall vorfindet, in immer neuer Menge von den reibenden Körpern aufgenommen und wieder gespalten wird, kann die Elektrisirmaschine unausgesetzt functioniren.

Aus dem Bestreben der getrennten Elektricitäten sich wieder zu elektrischem Aether zu vereinigen folgt, dass sich ungleichnamig elektrische Körper anziehen, und gleichnamig elektrische Körper abstossen. Da diese Kraft auch auf die Entfernung wirkt, so haben wir hierin ein weiteres Mittel in einem isolirten Leiter, dem ein elektrischer Körper genähert wird, eine Spaltung des elektrischen Aethers herbeizuführen.

Körper, die nur eine der beiden getrennten Elektricitäten enthalten, haben das Bestreben, wieder in ihren natürlichen Zustand zurückzukehren und ihre Elektricität an andere Körper abzugeben; hieraus erklärt sich die Leitungsfähigkeit der Metalle, der elektrische Verlust, den Körper beim längeren Stehen an der Luft erleiden etc.

Die Umsetzung der E in Wärme betrachten wir zunächst am Entladungsschlag einer aus Leydner Flaschen gebildeten Batterie, wobei die Erwärmung an einem Platindraht gemessen wird, durch welchen der Entladungsschlag geht. Es ist klar, dass nur diejenige Menge der E zu Wärme umgesetzt wird, die vom Platindraht nicht als solche geleitet wird; da der Platindraht aber nur eine bestimmte Menge von E zu leiten vermag, so muss die Umsetzung derselben oder die Wärmeentwicklung wachsen, wenn die durch den gleichen Draht geleitete Elektricitätsmenge vermehrt wird.

Wenn nun durch einen und denselben Draht die doppelte Menge von E geleitet wird, so muss dieselbe jedenfalls auch im Draht die doppelte Dichtigkeit einnehmen, d. h. da die E

an und für sich nicht verdichtet werden kann, ihre einzelnen Theile müssen sich um so viel einander nähern, als die Dichtigkeit wächst. Nun verhält sich aber die Kraft, mit der sich die gleichnamige E abstösst, umgekehrt wie das Quadrat ihrer Entfernung; E von doppelter Dichtigkeit muss sich also mit vierfacher Kraft abstossen. Nun ist aber klar, dass die einzelnen Theile der E , indem sie sich unter einander abstossen, sich auch in demselben Maass aus dem Draht zu entfernen streben oder von demselben in geringerem Grad gebunden werden können; da nun alle E , die der Draht nicht zu binden vermag, oder die durch denselben nicht geleitet werden kann, sich in Wärme umsetzt, so muss die E sich im gleichen Verhältniss in Wärme umsetzen, in dem ihre abstossende Kraft wächst, also mit dem Quadrat ihrer Dichtigkeit.

Die Wärmeentwicklung, die der gleiche Entladungsschlag in gleich langen Drähten desselben Metalls hervorbringt, ist deshalb von dem Durchmesser derselben abhängig. Dieselbe Elektrizitätsmenge wird in einem Draht von doppeltem Durchmesser sich gleichmässig verbreiten und also einen dem Querschnitt oder dem Quadrat des Durchmessers entsprechenden grösseren Raum einnehmen; sie muss also bei doppeltem Drahtdurchmesser eine viermal geringere Dichtigkeit haben. Wie wir aber gesehen haben, verhält sich die Wärmeentwicklung wie das Quadrat der elektrischen Dichtigkeit; die gleiche Elektrizitätsmenge wird demnach bei viermal geringerer Dichtigkeit durch ihre Umsetzung eine 16mal kleinere Temperaturerhöhung hervorbringen. Die Erwärmung des Drahtes verhält sich also umgekehrt wie das Quadrat seines Querschnittes.

Die Erwärmung im Platindraht ist ausserdem noch vom Schliessungsbogen der Batterie abhängig, denn es ist natürlich, dass, je grösser die Elektrizitätsmenge ist, die durch den Schliessungsbogen consumirt wird, um so kleiner derjenige An-

theil der E werden muss, der beim gleichen Entladungsschlag im Platindraht zur Wirkung kommen kann. Die Erwärmung im Platindraht wird deshalb um so geringer werden, je länger man den Schliessungsbogen macht und je dünnere Drähte in denselben eingeschaltet werden.

Sowie die Umsetzung in Wärme, so hängt auch die Umsetzung in Licht von der elektrischen Leitungsfähigkeit des betreffenden Körpers ab. Luft z. B. ist ein schlechter Leiter; es wird deshalb die E , die von dem Conductor der Elektrisirmaschine auf einen genäherten Körper übergeht, von der Luft nicht vollständig geleitet werden können und deshalb eine theilweise Umsetzung in Licht erfahren. Noch weniger vermag der leere Raum die E zu leiten, und deshalb wird auch hier die Lichterscheinung noch vollständiger hervortreten.

Galvanismus. Nicht allein durch Reibung, sondern auch schon durch unmittelbare Berührung zweier Körper ist eine Spaltung ihres elektrischen Aethers möglich, und die wirkende Ursache ist auch hier, dass die Körper eine grössere Anziehungskraft haben zu einem der Spaltungsproducte des elektrischen Aethers als zu diesem selber.

Für sich allein vermag ein Körper eine solche Spaltung nicht auszuführen; wenn aber zwei Körper mit einander in Berührung gebracht werden, von denen der eine eine grössere Anziehungskraft zur positiven, der andere zur negativen Electricität hat, so wird gewissermaassen von zwei Seiten aus eine Spaltung des elektrischen Aethers veranlasst. Eine Spaltung ist also nur durch das Zusammenwirken beider Körper möglich und da diese Bedingung nur an der Berührungsfläche derselben erfüllt ist, so folgt daraus, dass auch nur die Berührungsfläche der Sitz der elektromotorischen Kraft sein kann.

Eine solche Fähigkeit den elektrischen Aether zu spalten haben aber nicht nur die Metalle unter einander, sondern auch

die Metalle in Berührung mit Flüssigkeiten. Hierauf beruht die Wirkung der Volta'schen Säule, in welcher sowohl die Kupfer- und Zink-Scheiben, als auch die sie berührenden feuchten Scheiben eine Spaltung des elektrischen Aethers veranlassen. Das Endresultat hiervon ist, dass sich die beiden getrennten Elektricitäten an den Polen der Säule ansammeln und daselbst das Maximum der Dichtigkeit erreichen. Wir haben also auch hier den Fall, dass die den Körpern zukommende Menge von elektrischem Aether an den Berührungsflächen durch die Spaltungsproducte desselben ersetzt ist; es muss also auch alle Elektricität, die von den Polen abgeführt wird, wieder ersetzt werden durch Aufnahme neuer Mengen von elektrischem Aether, der in gleicher Weise gespalten wird.

Chemische Vorgänge in der galvanischen Batterie. In der galvanischen Batterie findet die Berührung von Flüssigkeit und Metall nicht ohne chemische Einwirkung statt, die wir zunächst zu untersuchen haben.

Wie bereits gesagt, enthält jedes Element eine ganz bestimmte Menge von elektrischem Aether; die Elektrolyse nun und namentlich später die specifische Wärme werden uns den Beweis liefern, dass für die Aequivalent-Gewichte aller Elemente die Menge des in ihnen enthaltenen elektrischen Aethers die gleiche ist. Es enthalten also hiernach 8 Gewichtstheile Sauerstoff ebensoviel elektrischen Aether als 1 Gewichtstheil Wasserstoff. Je höher demnach das Aequivalent-Gewicht eines Elementes ist, um so geringer ist sein Gehalt an elektrischem Aether; man kann also auch sagen: für jedes Element ist der Gehalt an elektrischem Aether seinem Aequivalent-Gewicht umgekehrt proportional.

Wenn 2 Aequivalent-Gewichte zweier Elemente zu einer binären Verbindung chemisch zusammentreten, so vereinigen sich hierbei die gleichen Mengen von elektrischem Aether. Es

richtet sich hiernach die anziehende Kraft, die jedes Element bei der chemischen Action auf den elektrischen Aether des andern Elements ausübt, genau nach der Menge von elektrischem Aether, die es selber enthält. Ein Element kann aber auch die 2-, 3- und mehrfache Menge von elektrischem Aether aufnehmen und verbindet sich alsdann mit ebensoviel Aequivalenten.

In der Kohlen-Zink-Batterie muss nun die Spaltung des elektrischen Aethers nach den gleichen Gesetzen erfolgen, die wir bereits bei der Volta'schen Säule kennen gelernt haben. An der Berührungsfläche von Zink und Schwefelsäure wird also der elektrische Aether gespalten, ebenso auch an der Berührungsfläche von Kohle und Salpetersäure, indem jedes Element diejenige E annimmt, zu der es die meiste Anziehungskraft zeigt. Nun wird zwar Zink für sich in Berührung mit Schwefelsäure negativ elektrisch; wenn es jedoch wie hier mit der noch mehr elektronegativen Kohle in Concurrenz tritt, so muss es dieser die $-E$ überlassen, indem es selber den positiv elektrischen Theil der Kette bildet. Das Endresultat dieser Spaltung des elektrischen Aethers ist also, dass das Zink die $+E$ und die Kohle die $-E$ annimmt.

Unter gewöhnlichen Verhältnissen hat die Schwefelsäure ein grosses Bestreben sich mit Zink chemisch zu vereinigen und wir müssen nach dem Vorhergehenden die Ursache der Verbindung dieser Körper in ihrer Anziehungskraft erkennen, die sie auf den elektrischen Aether ausüben. Zwei Körper können sich also nur dann chemisch verbinden, wenn sich auch die in ihnen enthaltenen Mengen von elektrischem Aether vereinigen. Da aber, wie wir gesehen haben, das Zink an der Berührungsfläche mit Schwefelsäure (und auf die Oberfläche beschränkt sich ja nur die chemische Einwirkung) gar keinen elektrischen Aether mehr enthält, indem derselbe in Folge der

elektrischen Spaltung durch die entsprechende Menge von $+E$ ersetzt ist, so kann auch eine chemische Anziehung zwischen diesen 2 Körpern nicht stattfinden.

Da also ein positiv elektrischer Körper keine chemische Verbindung eingehen kann, so wird die Vereinigung von Zink und Schwefelsäure erst erfolgen, wenn die Vorbedingungen derselben erfüllt sind, d. h., wenn die $+E$ vom Zink wieder durch elektrischen Aether ersetzt ist; indem aber die $+E$ vom Zink durch Ableitung entfernt wird, erfolgt die Verbindung desselben mit der Schwefelsäure.

Die Auflösung von Zink in Schwefelsäure hat also an und für sich keine Elektrizitäts-Entwicklung zur Folge; letztere wird vielmehr dann erst möglich, wenn die elektrische Spaltung an der Berührungsfläche von Zink und Schwefelsäure vorausgegangen ist; jeder Antheil Zink, der seine $+E$ an den Schliessungsdraht abgegeben hat, wird von der Säure gelöst. Da aber ein bestimmter Gewichtsantheil Zink ebensoviel $+E$ enthält, als seinem Gehalt an elektrischem Aether entspricht, so muss auch die Menge der $+E$, die bei dessen Lösung frei wird, seinem Aequivalent-Gewicht umgekehrt proportional sein.

Sowie hier die Ableitung der $+E$ die chemische Vereinigung möglich macht, so kann auch andererseits die Auflösung eines Metalls durch Säure unmöglich gemacht werden, wenn ersteres seine Elektrizität nicht abgibt, sondern zurückhält. Diese Erscheinung liegt der Passivität des Eisens zu Grunde.

Eine gewöhnliche Zinkplatte wird übrigens in einem viel stärkeren Verhältniss von der Schwefelsäure angegriffen, als die zwischen Zink und Säure thätige elektromotorische Kraft beträgt; es wird deshalb in diesem Fall auch solches Zink angegriffen, bei welchem der elektrische Aether noch nicht gespalten werden konnte, und welches deshalb auch bei seiner Lösung keine Elektrizität liefern kann.

Bei einer amalgamirten Zinkplatte dagegen wird die Einwirkung der Säure auf das Zink verringert, und in dem geringeren Antheil Zink, das jetzt zur Lösung kommt, kann durch die elektromotorische Kraft der elektrische Aether vorher gespalten werden. In diesem Fall ist also die elektromotorische Kraft stärker als die chemische Einwirkung; die ganze Oberfläche des Zinks nimmt die $+E$ an, und gelangt nur zur Lösung, indem es dieselbe an den Leitungsdraht abgiebt.

Die Quantität der in der galvanischen Batterie entwickelten Elektrizität muss also zunächst abhängen von der Fähigkeit, mit der die Elemente der Batterie den elektrischen Aether zu spalten vermögen, d. h. von ihrer elektromotorischen Kraft. Wenn aber in Folge derselben die elektrische Dichtigkeit im Zink eine gewisse Grenze erreicht hat, d. h. wenn der elektrische Aether desselben durch $+E$ ersetzt ist, so muss, wie wir gesehen haben, eine fernere Elektrizitätsentwicklung so lange unterbleiben, bis die $+E$ vom Zink abgeleitet, dieses durch Säure gelöst ist, und alsdann neue Partien Zink der elektromotorischen Kraft ausgesetzt werden.

Es kommt also, wie hieraus deutlich wird, in Bezug auf die Menge der entwickelten E ausser der elektromotorischen Kraft noch ein weiteres Moment in Betracht, nämlich das Verhältniss, in welchem die gebildete E von den Polen abgeleitet wird; denn nur in dem Maass als letzteres geschieht, kann neue E erzeugt werden. Je mehr also der Schliessungsbogen die Eigenschaft hat, die gebildete E in sich aufzunehmen und weiter zu leiten, um so mehr wird hierdurch die elektrische Dichtigkeit an den Polen vermindert und um so mehr wird zu deren Wiederersatz die elektromotorische Kraft wachsen. Dieses zweite Moment wird der Leitungswiderstand genannt; derselbe muss um so grösser werden, je geringer die

Menge der E ist, die durch den Schliessungsbogen je nach der Beschaffenheit desselben abgeleitet werden kann.

Die Fähigkeit des Schliessungsbogens aber, die E abzuleiten, ist abhängig von der Art des Metalls, von der Länge und von dem Durchmesser desselben.

Je grösser die Leitungsfähigkeit eines Metalls ist, um so grösser ist auch die Menge der E , die durch dasselbe abgeleitet wird; für jedes Metall ist also der Leitungswiderstand, den es im Schliessungsbogen ausübt, umgekehrt proportional seiner Leitungsfähigkeit.

Auch die Länge des Schliessungsbogens hat einen Einfluss auf seinen Leitungswiderstand. Die getrennten Elektricitäten, die bei geschlossener Kette von den Polen abgeführt werden, müssen sich wieder zu elektrischem Aether vereinigen, und zwar geschieht dies, indem die $+$ E durch den Schliessungsbogen nach dem $-$ Pol hinüberströmt. Je kürzer also der Schliessungsbogen ist, der den $+$ Pol mit dem $-$ Pol verbindet, um so mehr muss die Entfernung der Pole abnehmen; da aber die anziehende Kraft, mit der sich die getrennten Elektricitäten zu vereinigen streben, mit abnehmender Entfernung zunimmt, so wird bei kurzem Schliessungsbogen eine grössere Menge E durch denselben abgeleitet werden. Der Leitungswiderstand eines Metalldrahtes ist also seiner Länge proportional.

Schliesslich ist der Leitungswiderstand eines Metalldrahtes noch von seinem Durchmesser abhängig. Wie wir bereits bei der Wärmeentwicklung durch den Entladungsschlag sahen, wird die gleiche Elektricitätsmenge in jedem Draht eine Ausdehnung erfahren, die seinem Querschnitt proportional ist.

Die Menge der E , welche deshalb durch einen Schliessungsdraht geleitet werden kann, muss, wenn die elektrische Dichtigkeit die gleiche bleiben soll, dem Querschnitt desselben, oder

dem Quadrat seines Durchmessers proportional sein. Je grösser der Querschnitt des Drahtes, um so grösser ist die Menge der durch denselben geleiteten E , oder um so kleiner ist sein Leitungswiderstand. Der Leitungswiderstand des Drahtes ist also seinem Querschnitt umgekehrt proportional.

Die Menge der E , welche durch den Schliessungsdraht abgeleitet werden kann, hängt also von seinem Querschnitt ab, und es ist klar, dass, wenn die Grenze für diese Leitungsfähigkeit erreicht ist, die Menge der geleiteten E oder die Stromstärke nicht vermehrt werden kann. Eine Vermehrung der Anzahl der galvanischen Becher wird also in diesem Fall in Bezug auf die Stromstärke gar keinen Erfolg haben. Bei einer Verlängerung des Schliessungsbogens wird aber, wie wir gesehen haben, wegen der grösseren Entfernung der Pole, die Stromstärke geringer; die Leitungsfähigkeit des Drahtes, oder seine elektrische Dichtigkeit hat deshalb in diesem Fall noch nicht ihr Maximum erreicht, so dass jetzt durch eine Vermehrung der Becherzahl die Stromstärke entsprechend gesteigert werden kann.

Bei kurzem Schliessungsbogen bewirkt also eine Vermehrung der galvanischen Becher keine Vermehrung der Stromstärke, während bei langem Schliessungsbogen die Becherzahl entsprechend vermehrt werden muss, um das Maximum der elektrischen Dichtigkeit im Schliessungsbogen zu erreichen.

Schliesslich hat auch noch die Temperatur Einfluss auf den Leitungswiderstand. Da, wie wir später sehen werden, die Anziehungskraft des Metalls zum elektrischen Aether mit Zunahme der Temperatur wächst, so muss dieselbe zugleich für die Spaltungsproducte desselben abnehmen. Der Leitungswiderstand der Metalldrähte steigt also bei erhöhter Temperatur.

Wärmeentwicklung durch den galvanischen Strom.
Wenn man den galvanischen Strom mittelst eines spiralförmig

gewundenen Drahtes durch Weingeist gehen lässt, so wird dieser erwärmt, indem sich die E in Wärme umsetzt; die Menge der gebildeten Wärme hängt aber davon ab, in welchem Maass der Draht die E zu leiten vermag.

Letzteres ist aber durch den Leitungswiderstand des betreffenden Drahtes ausgedrückt; derselbe lässt sich ermitteln, indem man bestimmt, wieviel Rheostaten-Windungen an Stelle der Erwärmungsspirale in den Schliessungsbogen noch eingeschaltet werden müssen, um durch diese Verlängerung des Schliessungsbogens die Stromstärke auf das gleiche Maass zu reduciren, die dieselbe durch Einschaltung der betreffenden Drahtspirale erhalten hatte.

Wie wir aber bereits beim Entladungsschlag sahen, so wird auch beim galvanischen Strom nur derjenige Antheil der Elektrizitätsmenge zu Wärme umgesetzt, der vom betreffenden Draht nicht geleitet werden kann; wenn man deshalb bei gleicher Stromstärke die E durch Drahtspiralen von verschiedener Leitungsfähigkeit gehen lässt, so muss offenbar bei jedem einzelnen Draht derjenige Antheil der E , der durch denselben nicht geleitet werden kann und der sich deshalb in Wärme umsetzen muss, um so grösser werden, je grösser für denselben Draht der auf obige Weise ermittelte Leitungswiderstand ist. Hieraus folgt, dass bei Anwendung der gleichen Stromstärke für jeden beliebigen Draht die in demselben erzeugte Wärmemenge seinem Leitungswiderstand proportional sein muss.

Bei gleicher Stromstärke ist also die Menge der E , die durch eine Drahtspirale entweder geleitet oder in Wärme umgesetzt wird, von dem Leitungswiderstand derselben abhängig; da aber für einen und denselben Draht der Leitungswiderstand der gleiche bleibt, so muss auch die durch denselben geleitete Elektrizitätsmenge oder die elektrische Dichtigkeit im gleichen Verhältniss wachsen wie die Stromstärke. Für einen und

denselben Draht muss also die elektrische Dichtigkeit der angewandten Stromstärke proportional sein. Wie aber bereits bei der Wärmeentwicklung durch den Entladungsschlag nachgewiesen wurde, ist die gebildete Wärmemenge dem Quadrat der elektrischen Dichtigkeit proportional, und da für einen und denselben Draht die elektrische Dichtigkeit mit der Stromstärke gleichbedeutend ist, so folgt hieraus, dass für einen und denselben Draht die Wärmeentwicklung auch dem Quadrat der Stromstärke proportional sein muss.

Elektrolyse. Wenn der galvanische Strom anstatt durch einen Metalldraht durch die Lösung eines chemisch zusammengesetzten Körpers geht, der sich zwischen den Polplatten befindet, so muss unter dem Einfluss der letzteren eine Spaltung des elektrischen Aethers der Flüssigkeit eintreten. Wie wir gesehen haben, ist das gemeinschaftliche Band, welches eine chemische Verbindung zusammenhält, der Gehalt derselben an elektrischem Aether; es ist also natürlich, dass, wenn dieser elektrische Aether gespalten wird, alsdann auch die einzelnen Theile der Verbindung auseinander fallen müssen. Es nimmt dann zugleich ein jeder Theil der Verbindung diejenige *E* auf, zu der er die meiste Anziehungskraft hat; so werden die Basen positiv elektrisch und die Säuren negativ elektrisch, der Wasserstoff positiv elektrisch und der Sauerstoff negativ elektrisch.

Von dem positiven Pol wird nur der elektro-negative Bestandtheil der Verbindung angezogen, und indem sich die negative Elektricität desselben mit der Elektricität vom positiven Pol vereinigt, wird der Körper unter gleichzeitiger Ausscheidung an der Polplatte in den natürlichen Zustand zurückgeführt. Indem dieser Vorgang an jeder Polplatte stattfindet, wird zugleich der mit der gleichnamigen Elektricität beladene Bestandtheil der Flüssigkeit an jedem Pol abgestossen; diese

beiden abgestossenen, mit ungleichnamiger Elektricität beladenen Bestandtheile müssen sich aber wieder vereinigen und zwar geschieht dies in der Regel, indem der mit der $+E$ beladene Bestandtheil nach der negativen Polplatte hinüberströmt.

Durch diese Anziehung des negativen Pols auf die $+E$ wird eine Ansammlung der Flüssigkeit am negativen Pol veranlasst; dieselbe wird um so grösser, je mehr die Spannung wächst, je weniger also die Flüssigkeit im Stande ist, die $+E$ zur Neutralisation nach dem entgegengesetzten Pol zu leiten, d. h. je grösser ihr Leitungswiderstand wird. Die Säuren haben eine grössere Anziehungskraft zur $-E$; geht deshalb der Strom durch verdünnte Schwefelsäure, so nimmt diese die $-E$ auf, und die Ausgleichung der Elektricitäten findet jetzt vom negativen zum positiven Pol statt; die Ansammlung der Flüssigkeit erfolgt deshalb jetzt am positiven Pol. Aus dem gleichen Grunde findet für Natronlösung die Ueberführung vom positiven zum negativen Pol statt.

Betrachten wir nun die Elektrolyse auch in quantitativer Beziehung. Das Gesetz, dass die Aequivalent-Gewichte aller Elemente die gleiche Menge von elektrischem Aether enthalten, muss auch Geltung haben für den Fall, dass der elektrische Aether durch seine Spaltungsproducte, also durch positive oder negative Elektricität ersetzt ist; es muss deshalb diejenige Menge von $+E$, welche in einem Aequivalent-Gewicht Zink enthalten war, bei der Elektrolyse auch genau ein Aequivalent-Gewicht eines andern Elements zur Ausscheidung bringen, weil dieses die gleiche Menge von $-E$ enthielt.

Ist die der Elektrolyse ausgesetzte Verbindung eine binäre, welche von jedem Element nur 1 Aequivalent enthält, so gelangt durch die gleiche Stromstärke an jedem Pol je 1 Aequivalent-Gewicht zur Ausscheidung, indem zur Neutralisation der am Pol auftretenden Elektricität stets die gleiche Menge der

entgegengesetzten E nöthig ist, und die letztere für die Aequivalent-Gewichte aller Elemente die gleiche bleibt. Bei zusammengesetzten Verbindungen dagegen, z. B. bei der Elektrolyse vom Kupfervitriol beobachten wir, dass die Menge des am negativen Pol ausgeschiedenen Kupfers allerdings der Stromstärke entspricht, während dagegen am positiven Pol SO_4 auftreten, also 5 Aequivalente, die eigentlich die fünffache Menge E enthalten müssten. Da aber die Menge der an den Polen austretenden entgegengesetzten Elektricitäten einander gleich ist, so müssen auch die 5 Aequivalente eben soviel $+$ E enthalten, als das 1 Aequivalent Kupfer negative Elektricität enthält; wir müssen also annehmen, dass in diesen 5 Aequivalenten die Spaltung des elektrischen Aethers keine vollständige ist, dass nur $\frac{1}{5}$ desselben gespalten und $\frac{4}{5}$ ungespalten sind. Eine vollständige Spaltung des elektrischen Aethers scheint dagegen für die Lösung des Kupfervitriols dann einzutreten, wenn dieselbe als Träger der $+$ E in zwei durch einen Heber verbundenen Gefässen vom positiven zum negativen Pol übergeführt wird; in diesem Fall gehen nämlich bei einer Stromstärke, die an der negativen Polplatte 1 Aequivalent Kupfer zur Ausscheidung bringt, auch 0,18 Aequivalente Kupfer in das negative Gefäss über, also etwa $\frac{1}{6}$ der aus 6 Aequivalenten bestehenden Verbindung.

Wärme.

Die Wärme entsteht nicht allein durch Umsetzung aus den getrennten Elektricitäten, sondern, und zwar in den meisten Fällen, durch Umsetzung aus dem elektrischen Aether selber; aber auch hier ist die Menge der gebildeten Wärme abhängig von der Dichtigkeit des elektrischen Aethers. Wärme und elektrischer Aether stehen also in jedem Körper in einem bestimmten Verhältniss zu einander, so dass die Menge des elektrischen Aethers nur dann in einem Körper vermehrt werden kann, wenn auch gleichzeitig die Wärmemenge vermehrt wird.

Diese Zunahme vom Gehalt an elektrischem Aether, den ein Körper durch Erwärmung erfahren hat, macht sich nun in verschiedener Weise bemerkbar. Wie die getrennten Elektricitäten, so hat auch der elektrische Aether die Eigenschaft, sich in seinen Theilen abzustossen, und da diese Kraft der Abstossung mit der vermehrten Menge desselben wächst, so werden auch bei einem erwärmten Körper die einzelnen Theile, dieser Zunahme entsprechend, mit grösserer Kraft sich von einander abzustossen streben und so die Ausdehnung des Körpers veranlassen. Diese Zunahme an elektrischem Aether ist aber für einen und denselben Körper nicht immer für alle Theile desselben die gleiche; bei Krystallen findet die grösste Ausdehnung in der Richtung der Hauptaxe statt, woraus hervorgeht, dass in dieser Richtung der Krystall die grösste Aufnahmefähigkeit für den elektrischen Aether besitzt.

Im Schmelzpunkte erreichen bei Zunahme der Temperatur die Metalle und andere feste Körper einen Zustand, in welchem eine Vermehrung der Wärmemenge nicht mehr möglich ist; alle ferner zugeführte Wärme muss dazu dienen ihren Gehalt an elektrischem Aether zu vermehren, und da in Folge dessen die einzelnen Theilchen eine solche Kraft der Abstossung erreichen, dass sie ihre starre Lage nicht mehr einzuhalten vermögen, so müssen sie in den flüssigen Zustand übergehen.

Ebenso müssen auch flüssige Körper, um in den dampfförmigen Zustand überzugehen, die entsprechende Menge von elektrischem Aether in sich aufnehmen; Wasser von 100° und Dampf von 100° unterscheiden sich also nur dadurch von einander, dass letzterer eine grössere Menge von elektrischem Aether zu seinem Bestehen nöthig hat und dass ihm deshalb, um in diesen Zustand zu gelangen, die entsprechende Menge von elektrischem Aether zugeführt werden muss.

Auch im Leidenfrost'schen Tropfen erkennen wir eine Wirkung der abstossenden Kraft des elektrischen Aethers.

Dass einem Körper, der vom festen in den flüssigen Aggregatzustand übergehen soll, eine bestimmte Menge von elektrischem Aether zugeführt werden muss, gilt nicht allein für die Schmelzung, sondern auch für den Fall, dass dieser Uebergang durch Auflösung herbeigeführt wird. Salze bedürfen deshalb zu ihrer Lösung in Wasser einer bestimmten Menge von elektrischem Aether; wenn ihnen diese Menge nun nicht von aussen durch Erwärmung zugeführt wird, so muss die in der Flüssigkeit vorhandene Wärme dazu dienen dieselbe zu liefern, und indem diese Wärmemenge in elektrischen Aether umgesetzt wird, muss eine Abnahme der Temperatur herbeigeführt werden. Ebenso wird bei Alcohol und anderen Flüssigkeiten die zu ihrer Verdampfung nöthige Menge von elektrischem Aether durch Umsetzung aus der vorhandenen Wärme genommen.

Wenn nun umgekehrt ein Körper vom dampfförmigen in den flüssigen oder vom flüssigen in den festen Zustand übergeht, so muss durch diese Veränderung des Aggregatzustandes eine gewisse Menge von elektrischem Aether in Freiheit gesetzt werden, welche sich in den meisten Fällen gleich in Wärme umsetzt.

Die latente Wärme der Dämpfe, d. h. diejenige Menge von elektrischem Aether, die nöthig ist um bei gleicher Temperatur eine Flüssigkeit in den dampfförmigen Aggregatzustand zu versetzen, lässt sich daher ermitteln durch Condensation der Dämpfe und Bestimmung der durch Umsetzung erhaltenen Wärme.

Es gibt indessen auch Fälle, wo der elektrische Aether, der durch den Uebergang vom dampfförmigen in den flüssigen Aggregatzustand in Freiheit gesetzt wird, sich nicht in Wärme umsetzt, sondern eine Spaltung in positive und negative Elektrizität erleidet. Hierauf gründet sich die Wirkung der Dampf-elektisirmaschine; auch hier wird der stark gespannte Dampf durch plötzliche Abkühlung theilweise verdichtet, unter gleichzeitiger Spaltung des frei gewordenen elektrischen Aethers in $+E$ und $-E$.

Der gleiche Vorgang wiederholt sich in den atmosphärischen Niederschlägen, die namentlich im Sommer eine gewisse Menge der getrennten Elektrizitäten enthalten.

Im Vorhergehenden haben wir gesehen wie eine Vermehrung des elektrischen Aethers stets eine Vermehrung der Abstossung der einzelnen Theilchen oder eine Verminderung der Dichtigkeit zur Folge haben muss. Dieses Gesetz, welches die Beziehung zwischen Gehalt an elektrischem Aether und Dichtigkeit bezeichnet, ist aber, wie sich von selbst versteht, ein doppelt wirkendes. Sowie nämlich einerseits durch Vermehrung des elektrischen Aethers die Dichtigkeit in einem Körper vermindert wird, so muss auch andererseits eine Verminderung der

Dichtigkeit in einem Körper zur Folge haben, dass sein Gehalt an elektrischem Aether zunimmt. Die Dichtigkeit eines Körpers entspricht seinem Gehalt an elektrischem Aether; das Gleichgewicht unter den kleinsten Theilen desselben ist also hergestellt, wenn ihre Entfernungen von einander, d. h. ihre Dichtigkeit, in einem gewissen Verhältniss steht zu ihrem Gehalt an elektrischem Aether. Wenn nun diese Gleichgewichtslage durch Compression oder durch Vermehrung der Dichtigkeit des Körpers gestört wird, so werden die Entfernungen seiner kleinsten Theile verringert, die abstossende Kraft derselben, welche diese Entfernungen bedingt, muss also abnehmen.

Wie wir aber gesehen haben, ist dasjenige, was die abstossende Kraft dieser Theile veranlasst, ihr Gehalt an elektrischem Aether, und daraus folgt, dass die abstossende Kraft der Theilchen nur dann verringert werden kann, wenn auch gleichzeitig ihr Gehalt an elektrischem Aether verringert wird.

Wenn also die Dichtigkeit eines Körpers durch äusseren Druck vermehrt wird, so muss hierdurch eine gewisse Menge von elektrischem Aether in Freiheit gesetzt werden und dies geschieht, indem sich derselbe in Wärme umsetzt. In gleicher Weise lässt sich aber auch umgekehrt zeigen, dass durch Verminderung des Drucks Wärme in elektrischen Aether umgesetzt werden muss.

Es lassen sich mit Hülfe dieses Gesetzes leicht alle die Erscheinungen erklären, welche zur Annahme der mechanischen Wärme-Theorie geführt haben. Fassen wir hier nur einen speciellen Fall ins Auge. Wenn sich der Dampf in einem Cylinder durch Expansion ausdehnt, so verrichten die einzelnen Dampftheilchen, indem sie gegen den Kolben drücken, eine mechanische Arbeit. Diese Arbeit ist aber nur dadurch möglich, dass die abstossende Kraft dieser Dampftheilchen zur Wirkung kommt, dass sie sich also von einander entfernen und

ihre Dichtigkeit entsprechend verringert wird. Diese Verminderung in der Dichtigkeit des Dampfes hat also einerseits eine mechanische Arbeitsleistung zur Folge, andererseits wird durch dieselbe im gleichen Verhältniss der elektrische Aether auf Kosten der vorhandenen Wärmemenge vermehrt; dies heisst also mit anderen Worten: die geleistete Arbeit ist der consumirten Wärme proportional.

Auch durch die Reibung zweier Körper wird Wärme erzeugt, indem durch eine Compression ihrer Theilchen elektrischer Aether in Freiheit gesetzt wird.

In diesem Falle braucht der anzuwendende Druck kein grosser zu sein, da er ein oft wiederkehrender ist. Diesem periodischen Druck entsprechend, der nur so lange wirkt, als gerade zwei Theilchen miteinander in Berührung sind, muss nun jedesmal der elektrische Aether entweder in Freiheit gesetzt oder umgekehrt bei vermindertem Druck von den reibenden Körpern wieder aufgenommen werden, und indem sich jedesmal der ausgeschiedene elektrische Aether in Wärme umsetzt, entsteht als Summe dieser einzelnen Vorgänge die Erwärmung des Körpers durch Reibung.

Es treten indessen auch Fälle ein, dass der auf diese Weise durch Reibung zweier Körper in Freiheit gesetzte elektrische Aether sich nicht in Wärme umsetzt, sondern sich in seine Bestandtheile, die positive und die negative Elektricität spaltet, und hiermit kommen wir auf das eigentliche Princip, welches der Elektricitätsentwicklung durch Reibung zu Grunde liegt.

In einer zu verdampfenden Flüssigkeit wird der Gehalt an elektrischem Aether nicht allein durch Erhöhung der Temperatur vermehrt, sondern auch durch Verminderung des Drucks. Flüssigkeiten, die unter vermindertem Druck verdampfen und deshalb eine geringere Dichtigkeit erlangen, müssen deshalb eine vermehrte Menge von elektrischem Aether aufnehmen;

da aber, wie wir bereits früher sahen, der Gehalt an elektrischem Aether den Uebergang in einen höheren Aggregatzustand bedingt, so wird durch Verminderung des Drucks auch die Dampfbildung bei geringerer Temperatur stattfinden.

Wenn nun eine Flüssigkeit unter geringeren Druck gebracht wird, die in Folge dessen herbeigeführte Vermehrung des elektrischen Aethers aber nicht durch äussere Erwärmung erfolgt, so muss auch in diesem Falle der elektrische Aether durch Umsetzung aus der vorhandenen Wärme erzeugt werden, was durch die Abnahme der Temperatur ersichtlich wird. In dieser Weise kann, wie bekannt, Wasser zum Gefrieren gebracht werden, wenn nur der Druck stets durch Condensation der Dämpfe auf einem Minimum gehalten wird. Die Verminderung des Drucks bewirkt also in der Flüssigkeit eine Umsetzung der Wärme in elektrischen Aether und dies hat zur Folge einerseits Abnahme der vorhandenen Wärme und andererseits vermehrte Dampfbildung.

Specifische Wärme. Wie wir gesehen haben, muss für jedes Element der Gehalt an elektrischem Aether in einem bestimmten Verhältniss zu seiner Temperatur stehen; hieraus folgt aber, dass, wenn dem betreffenden Körper eine gewisse Wärmemenge entzogen wird, alsdann auch von elektrischem Aether eine solche Menge in Freiheit gesetzt werden muss, wie es das Verhältniss zu der nun verminderten Temperatur verlangt.

Da sich nun der in Freiheit gesetzte elektrische Aether in Wärme umsetzt, so ist klar, dass die durch Umsetzung erhaltenen Wärmemengen, die die Metalle von gleichem Gewicht und gleicher Temperatur bei ihrer Abkühlung an Wasser abgeben, sich verhalten müssen wie die Mengen von elektrischem Aether, die bei dieser Temperatur von den Metallen aufgenommen wurden. Nun haben wir aber das Verhältniss, in welchem jedes Element den elektrischen Aether aufnimmt,

bereits bei der chemischen Anziehung kennen gelernt. Jedes Aequivalent-Gewicht eines Elements nimmt, wenn es sich mit einem andern vereinigt, ebensoviel elektrischen Aether auf, als es selbst enthält; da aber für jedes Element der Gehalt an elektrischem Aether seinem Aequivalent-Gewicht umgekehrt proportional ist, so muss auch diejenige Menge, die es bei der Verbindung aufnimmt, seinem Aequivalent-Gewicht umgekehrt proportional sein.

Wenden wir nun dieses Gesetz über das Verhältniss der Anziehung des elektrischen Aethers auf vorliegenden Fall an, so folgt daraus, dass die Menge von elektrischem Aether, die jedes Element bei einer bestimmten Temperatur aufnimmt, dem Aequivalent-Gewicht desselben umgekehrt proportional sein muss; da aber diese Menge von elektrischem Aether sich, wie bereits bemerkt, bei der Bestimmung der specifischen Wärme in Wärme umsetzt, so kann man statt dessen auch sagen: die specifische Wärme der Elemente ist ihrem Aequivalent-Gewicht umgekehrt proportional.

Die Atomwärme oder das Product der specifischen Wärme mit dem Aequivalent-Gewicht müsste demnach für alle Elemente die gleiche Zahl ergeben; dies stimmt zwar auch annähernd, aber nicht ganz genau mit der Erfahrung überein, und den Grund hiervon werden wir im Folgenden kennen lernen.

Bei den experimentellen Bestimmungen der specifischen Wärme wird natürlich die ganze Wärmemenge, welche das auf eine bestimmte Temperatur erhitzte Metall an Wasser abgibt, der Berechnung zu Grunde gelegt. Diese Wärmemenge besteht aber aus zwei Bestandtheilen, die in ihrem Einfluss auf das betreffende Gesetz streng von einander unterschieden werden müssen. Es ist dies nämlich

I. Die Wärmemenge, die das Metall vor der Abkühlung bereits als solche enthielt, und die natürlich bei gleichen

Gewichten und gleicher Temperatur auch für alle Metalle die gleiche sein muss.

II. Die Wärmemenge, welche sich erst bildet, wenn bei der Abkühlung der elektrische Aether in Wärme umgesetzt wird.

Nun ist aber klar, dass das oben entwickelte Gesetz nur für diesen zweiten Bestandtheil der Wärme Geltung hat, da ja nur diejenige Wärme, die durch Umsetzung aus elektrischem Aether erzeugt wurde, dem Aequivalent-Gewicht umgekehrt proportional sein kann.

Die Atomwärme besteht also hiernach aus der Summe von zwei Producten, nämlich

I. aus dem Product vom Aequivalent-Gewicht und einem constanten Factor für die Wärme und

II. aus dem Product von Aequivalent-Gewicht und einem veränderlichen Factor für die Wärme.

Da nun, wie bemerkt, das Gesetz nur für II. stimmen kann, so folgt daraus, dass die Summe beider Producte um so niedriger ausfallen muss, je kleiner I. wird; I. selber aber muss, da dessen einer Factor ein constanter ist, um so niedriger ausfallen, je kleiner die Zahl für das Aequivalent-Gewicht wird. Es folgt hieraus, dass die Atomwärme nicht für alle Elemente die gleiche Zahl ergeben kann, sondern dass dieselbe zugleich mit dem Aequivalent-Gewicht derselben abnehmen muss.

Diese Schlussfolgerung wird auf das Schlagendste durch die Erfahrung bestätigt. Für Aluminium z. B. und Schwefel, die ein sehr niedriges Aequivalent-Gewicht haben, ist auch die Atomwärme eine sehr kleine; und diejenigen Elemente endlich, deren Atomwärme eine so auffallend geringe ist, dass auf sie das zuerst entwickelte Gesetz gar nicht anwendbar erscheint, nämlich Bor, Kohlenstoff und Silicium, haben auch von allen starren Elementen, deren specifische Wärme direct bestimmbar ist, das niedrigste Aequivalent-Gewicht. Dass diejenigen Elemente,

deren specifische Wärme nur aus ihren Verbindungen gefunden werden kann, hiervon eine Ausnahme machen, werden wir später sehen.

Auch für chemisch zusammengesetzte Körper muss das Gesetz Geltung haben, dass jede Verbindung soviel elektrischen Aether bei der Erwärmung aufnimmt, als sie selbst enthält. Für die Elemente ist dieser Gehalt an elektrischem Aether dem Aequivalent-Gewicht umgekehrt proportional; wenn nun das Gesetz richtig wäre, dass bei zusammengesetzten Körpern der Gehalt an elektrischem Aether sich durch die Verbindung nicht ändert, also so gross ist, wie der durchschnittliche Gehalt aller einzelnen Bestandtheile, dann müsste offenbar auch für eine Verbindung dieser Gehalt an elektrischem Aether dem mittleren Aequivalent-Gewicht umgekehrt proportional sein, welches gefunden wird, wenn man die Summe der Aequivalent-Gewichte durch die Zahl derselben dividirt. Da aber dem Gehalt an elektrischem Aether die specifische Wärme entspricht, so folgt daraus, dass unter obiger Voraussetzung für die zusammengesetzten Körper die specifische Wärme dem mittleren Aequivalent-Gewicht umgekehrt proportional sein müsste.

Die Zahl für die Atomwärme der zusammengesetzten Körper sollte also eigentlich die gleiche Zahl ergeben, die auch für die einfachen Elemente gefunden wird. Dies trifft indessen mit der Erfahrung nicht genau zusammen; in Wirklichkeit ist die Atomwärme für die Verbindung eine geringere, als der mittlere Durchschnitt der Atomwärmen für deren einzelne Elemente beträgt. Dieser Unterschied wird namentlich für die zusammengesetzteren Verbindungen bedeutend, sowie für solche, die mehrere Atome Sauerstoff enthalten. Hieraus folgt aber, da die specifische Wärme stets dem Gehalt an elektrischem Aether entsprechen muss, dass für die zusammengesetzten Verbindungen dieser Gehalt an elektrischem Aether nicht, wie wir

vorhin angenommen hatten, dem berechneten mittleren Aequivalent-Gewicht der Verbindung umgekehrt proportional sein kann, sondern in Wirklichkeit etwas geringer sein muss.

Da also die Verbindung eine geringere Menge von elektrischem Aether enthält als die einzelnen Elemente derselben zusammengekommen, so muss bei der chemischen Verbindung der letzteren ein gewisser Antheil ihres elektrischen Aethers in Freiheit gesetzt worden sein.

Die Wahrheit dieses Gesetzes werden wir bestätigt finden, wenn wir die Wärme betrachten, die in Folge der chemischen Verbindung entwickelt wird.

Der thermo-elektrische Strom. Bei der specifischen Wärme haben wir gesehen, dass bei der gleichen Temperatur die verschiedenen Metalle eine verschiedene Menge von elektrischem Aether aufnehmen und indem sie ihre Wärme durch Leitung abgeben eine verschiedene Menge von elektrischem Aether in Freiheit setzen; indem sich aber der elektrische Aether in Wärme umsetzt, wird je nach seiner Menge eine verschiedene Temperatur erzeugt.

Auch im thermo-elektrischen Element wird die Wärme von der erwärmten Löthstelle der beiden Metalle aus durch Leitung an die kälteren Theile des Metalls abgegeben und hierdurch, auch wenn die Menge der abgegebenen Wärme in beiden Metallen die gleiche ist, doch in beiden eine verschiedene Menge von elektrischem Aether in Freiheit gesetzt. Wenn sich nun wie bei der specifischen Wärme so auch hier dieser ausgeschiedene elektrische Aether in Wärme umsetzen würde, so erhielten beide Metalle eine verschiedene Temperatur; da dies aber wegen ihrer leitenden Verbindung nicht möglich ist, so wird der elektrische Aether statt dessen gespalten in die $+E$ und $-E$ und hierdurch der galvanische Strom veranlasst. Die Grösse des entwickelten Stromes hängt also ab von der

Differenz in der Menge des elektrischen Aethers, der von beiden Metallen in Freiheit gesetzt wird. Wismuth nimmt das negative Ende, also dasjenige, bei dem die geringere Menge von elektrischem Aether auftritt, ein, und zwar einestheils deshalb, weil seine Leitungsfähigkeit für die Wärme gering ist und deshalb die in Freiheit gesetzte Menge von elektrischem Aether ebenfalls gering sein muss, anderntheils, weil sein Aequivalent-Gewicht ein grosses und deshalb die bei der Erwärmung aufgenommene Menge von elektrischem Aether überhaupt eine geringe ist.

In gleicher Weise wie die Metalle bei ihrer Erwärmung eine verschiedene Menge von elektrischem Aether aufnehmen, so haben sie auch zu den getrennten Elektricitäten eine grössere oder geringere Anziehungskraft; sie müssen also durch den gleichen Strom eine verschiedene elektrische Dichtigkeit erlangen, welche ihrer Leitungsfähigkeit entspricht. Wenden wir dies nun auf den Fall an, dass ein zur Hälfte aus Antimon, zur Hälfte aus Wismuth bestehender Stab von der $+E$ durchströmt wird. Wismuth hat, wie aus seinem Leitungswiderstand ersichtlich ist, eine geringere Leitungsfähigkeit als Antimon; damit es desshalb dem entsprechend eine geringere elektrische Dichtigkeit erlangen kann, muss der Strom, wenn er von Antimon auf Wismuth übergeht, eine theilweise Umsetzung in Wärme erfahren. Wenn umgekehrt der Strom von Wismuth auf Antimon geht, welches eine grössere Leitungsfähigkeit hat, so muss, damit auch hier die elektrische Dichtigkeit dieser Leitungsfähigkeit entspreche, im Antimon die elektrische Dichtigkeit vermehrt werden, und dies geschieht dadurch, dass Wärme in elektrischen Aether umgesetzt und dieser gespalten wird.

Auch in dem Turmalin finden wir einen Körper, der in der Richtung der Hauptaxe eine grössere Anziehungskraft zum elektrischen Aether besitzt als in jeder andern und sich

deshalb bei der Erwärmung verhält wie ein thermo-elektrisches Element.

Bereits bei der Ausdehnung haben wir gesehen, dass überhaupt die Krystalle in der Richtung der Hauptaxe das Maximum der Anziehungskraft zum elektrischen Aether besitzen; beim Turmalin äussert sich diese Differenz in der Dichtigkeit des elektrischen Aethers wie beim thermo-elektrischen Element dadurch, dass der sich durch die Leitung der Wärme ergebende Ueberschuss an elektrischem Aether gespalten wird, indem die getrennten Elektricitäten an den beiden Enden der krystallographischen Hauptaxe auftreten.

Auf diese merkwürdige Eigenschaft vom Turmalin in der Richtung der Hauptaxe den elektrischen Aether in grösserem Maasse anzuziehen als in jeder andern, werden wir bei der Polarisation des Lichtes zurückkommen.

Strahlende Wärme. Wir haben im Vorhergehenden die Umsetzungen des elektrischen Aethers in Wärme als solche kennen gelernt, die auch an der gleichen Stelle stattfinden, an welcher dieser elektrische Aether in Freiheit gesetzt wird. Bei der strahlenden Wärme dagegen haben wir es mit dem Fall zu thun, dass die Wärmeentwicklung an einer Stelle stattfindet, die von dem Körper, welcher den elektrischen Aether ausstrahlt, räumlich getrennt ist. Der elektrische Aether hat wie das Licht eine grosse Fortpflanzungsgeschwindigkeit; er wird von den erhitzten Körpern ausgestrahlt, und indem er dabei auf andere Körper trifft, wird von den letzteren die bereits am ausstrahlenden Körper begonnene Umsetzung in Wärme vollendet. Unter strahlender Wärme verstehen wir also den in der Umsetzung zu Wärme begriffenen elektrischen Aether.

Da nun das Verhalten eines jeden Körpers zum elektrischen Aether ein verschiedenes ist, so folgt daraus, dass jeder Körper, der den Wirkungen der strahlenden Wärme ausgesetzt wird,

je nach seiner Natur eine grössere oder geringere Umsetzung des elektrischen Aethers veranlassen wird. Derjenige Theil des elektrischen Aethers, der vom betreffenden Körper aufgenommen werden kann, wird unverändert durch denselben hindurchgelassen, während der andere Theil entweder in Wärme umgesetzt oder reflectirt wird.

Den analogen Fall beobachteten wir bei den getrennten Elektricitäten; auch dort wird derjenige Theil der Elektricität, der durch den Metalldraht nicht geleitet werden kann, in Wärme umgesetzt.

Aber auch in Bezug auf die Art der Wärmequelle besteht ein grosser Unterschied in der verschiedenen Umsetzbarkeit der Strahlen. Wenn die Wärmequelle zugleich eine leuchtende ist, so ist klar, dass die Gesamtwirkung derselben auf die thermoelektrische Säule sowohl besteht in der Umsetzung der Lichtstrahlen als auch in der des elektrischen Aethers zu Wärme. Sind deshalb die von der strahlenden Wärme zu durchdringenden Platten durchsichtige, so wird das Licht, also der eine Bestandtheil der strahlenden Wärme durchgelassen; es folgt daraus, dass, wenn die Wärmequelle leuchtend ist, mehr Wärmestrahlen von durchsichtigen, als von undurchsichtigen Körpern durchgelassen werden. Ebenso werden, wenn die Strahlen einer leuchtenden Wärmequelle von einer weissen Fläche reflectirt werden, besonders vollständig die Lichtstrahlen reflectirt, während die dunkeln Wärmestrahlen eine gewisse Absorption erleiden. Die Erwärmung einer weissen Bleiweissfläche ist also eine geringere, wenn die Strahlen von einer leuchtenden Wärmequelle kommen, da ja in diesem Fall der eine Bestandtheil der strahlenden Wärme, nämlich das Licht, bei der Wärmebildung nicht mitwirkt; auf der andern Seite muss ein schwarzer Körper, z. B. Tusch, die Wärmestrahlen am meisten absorbiren, wenn dieselben von einer leuchtenden Wärmequelle kommen; in

diesem Falle werden nämlich alle Lichtstrahlen, die bei der Wärmebildung mitwirken, vollständig absorbirt, während bei nicht leuchtender Wärmequelle die Strahlen theilweise reflectirt werden. Wenn deshalb Wärmestrahlen von einer Bleiweissfläche, die zwar auf den elektrischen Aether, aber nicht auf die Lichtstrahlen absorbirend wirkt, diffundirt werden, so müssen dieselben in ihrer Zusammensetzung eine verhältnissmässige Vermehrung der Lichtstrahlen oder leuchtenden Wärmestrahlen erfahren und werden deshalb jetzt von durchsichtigen Körpern in grösserer Menge durchgelassen.

Aber auch die sogenannten dunkeln Wärmestrahlen zeigen bezüglich ihrer Umsetzbarkeit eine grosse Verschiedenheit.

Bereits bei der Ausdehnung heisser Körper haben wir gesehen, dass mit Zunahme der Dichtigkeit des elektrischen Aethers, derselbe eine Vermehrung seiner abstossenden Kraft erlangt, die sich in der grösseren Entfernung der körperlichen Theilchen bemerkbar macht; diese abstossende Kraft des elektrischen Aethers ist aber nicht allein wirksam, wenn derselbe an die Materie gebunden ist, sondern sie muss ebenso auch dann zur Wirkung kommen, wenn der elektrische Aether im freien Zustand als strahlende Wärme auftritt. Durch diese Abstossung des elektrischen Aethers wird aber seine gleichmässige Dichtigkeit unterbrochen; diejenigen Theile, die sich unter einander abstossen, erscheinen durch Zwischenräume getrennt, während der dazwischen befindliche elektrische Aether selbst die Form von parallelen Strahlenbändern annehmen muss. Je dichter also der elektrische Aether und je grösser seine Abstossungskraft wird, um so mehr muss auch derselbe von Zwischenräumen unterbrochen erscheinen; die Strahlenbänder des elektrischen Aethers werden also mit zunehmender Dichtigkeit schmaler und die Zwischenräume häufiger. Einen experimentellen Beleg hierfür finden wir in der Interferenz der

Wärmestrahlen; die abstossende Kraft derselben kommt hier zur Wirkung, wenn ihre Dichtigkeit durch ein Glasgitter eine Veränderung erfährt. An den Stellen, wo sich hier die Zwischenräume befinden, wird natürlich auf die Thermosäule keine Wirkung ausgeübt.

Die verschiedene Dichtigkeit des elektrischen Aethers äussert sich aber nicht allein in seiner verschiedenen Abstossung; wie für die getrennten Elektricitäten, so nimmt auch für den elektrischen Aether die Umsetzungsfähigkeit mit der Dichtigkeit zu. Von verschiedenen Wärmequellen kann also die gleiche Menge von elektrischem Aether in einem Zustand von sehr verschiedener Dichtigkeit ausgestrahlt werden, und wenn auch die Wirkung desselben auf die Thermosäule die gleiche bleibt, so muss doch der Grad der Umsetzung, den der elektrische Aether durch andere Körper erleidet, ein sehr verschiedener sein, je nach dem Zustand seiner Dichtigkeit.

Verbrennungs-Wärme. Bei jeder chemischen Verbindung wird Wärme erzeugt, was uns beweist, dass hierbei die entsprechende Menge von elektrischem Aether in Freiheit gesetzt wurde. Wie wir gesehen haben, nimmt bei der chemischen Anziehung jedes Element so viel elektrischen Aether auf, als seinem eigenen Gehalt oder dem mehrfachen dieses Gehaltes entspricht.

In der in Folge dieser Anziehung entstandenen Verbindung ist aber nicht wie bei einer mechanischen Mengung jeder Bestandtheil mit seinen früheren Eigenschaften und seinem früheren Gehalt an elektrischem Aether enthalten; dass vielmehr durch diese Vereinigung ein neuer Körper mit neuen Eigenschaften entstanden ist, spricht sich am meisten dadurch aus, dass die Verbindung nicht mehr die gleiche Menge von elektrischem Aether enthält, die der Summe ihrer Bestandtheile entspricht, sondern etwas weniger.

Diese Differenz an elektrischem Aether zwischen der neu gebildeten Verbindung und ihren einzelnen Bestandtheilen muss deshalb beim chemischen Process in Freiheit gesetzt werden, indem sich dieselbe in Wärme umsetzt. Bei der specifischen Wärme, wo wir zu dem gleichen Resultat kamen, haben wir gesehen, dass namentlich für Verbindungen mit mehreren Aequivalenten Sauerstoff die Atomwärme der Verbindung, gegenüber der ihrer Bestandtheile, eine zu geringe ist; dass aber wirklich bei chemischen Verbindungen dieser Art eine grössere Menge von elektrischem Aether in Freiheit gesetzt wird, bestätigt sich dadurch, dass gerade in diesen Fällen die Verbrennungswärme eine sehr bedeutende ist.

Wenn im umgekehrten Fall eine chemische Verbindung getrennt wird, so muss jeder Bestandtheil wieder die gleiche Menge von elektrischem Aether aufnehmen, die er vor der Vereinigung hatte, und da diese Aufnahme durch Umsetzung aus der vorhandenen Wärme stattfindet, so wird dieselbe von einer Temperatur-Erniedrigung begleitet sein. Es lässt sich dies sehr gut durch die Elektrolyse nachweisen. In einer Lösung von Kupfervitriol, durch die der galvanische Strom geht, muss durch die Vereinigung der getrennten Elektricitäten zu elektrischem Aether Wärme gebildet werden; diese Wärmemenge kann aber hier nur theilweise zur Erscheinung kommen, da der andere Theil zur metallischen Abscheidung des Kupfers absorbirt wird.

Wie für die getrennten Elektricitäten die Anziehungskraft mit der Elektricitätsmenge wächst, so gilt das Gleiche auch für den elektrischen Aether. Die chemische Verbindung beruht, wie wir gesehen haben, auf der Anziehung des elektrischen Aethers; da nun durch Erwärmung eines Körpers der Gehalt an elektrischem Aether vermehrt wird, so folgt daraus, dass im gleichen Verhältniss auch die Kraft wachsen muss, womit der elektrische Aether desselben von anderen Körpern an-

gezogen wird. Die chemische Anziehung der Körper wird also durch ihre Erwärmung vermehrt; hat diese Anziehung bei zunehmender Erwärmung einen gewissen Grad erreicht, so werden, wie bei der Verbrennung, selbst solche Verbindungen durch dieselbe eingeleitet werden, die bei gewöhnlicher Temperatur nicht stattfinden können.

Wir haben uns also das Wesentliche der chemischen Verbindung nicht in der Art der Atom-Gruppierungen zu denken, denn dies wäre doch nur eine, wenn auch bis ins Unendliche getheilte mechanische Mengung.

Dasjenige, was die Eigenartigkeit eines jeden Elements bedingt, nämlich sein bestimmter Gehalt an elektrischem Aether, geht in der chemischen Verbindung verloren, und deshalb kann dasselbe auch in seinem früheren Zustand nicht mehr in der Verbindung enthalten sein.

Den Grund der Isomerie erkennen wir deshalb auch nur in dem verschiedenen Gehalt der Verbindungen an elektrischem Aether, und finden eine Bestätigung hierfür in der verschiedenen specifischen Wärme derselben.

Die specifische Wärme eines Körpers wächst mit dem Gehalt desselben an elektrischem Aether; da nun aber, wie wir früher gesehen haben, die Dichtigkeit eines Körpers in dem Maass abnimmt, als der Gehalt desselben an elektrischem Aether vermehrt wird, so folgt daraus, dass specifische Wärme und Dichtigkeit für jeden Körper im Allgemeinen in einem umgekehrten Verhältniss stehen müssen.

Betrachten wir dies zunächst an den einfachen Elementen. Die Modificationen derselben unterscheiden sich durch ihren verschiedenen Gehalt an elektrischem Aether; es muss deshalb z. B. diejenige Modification des Kohlenstoffs, die die grösste Dichtigkeit, also den geringsten Gehalt an elektrischem Aether besitzt, nämlich der Diamant, auch die geringste specifische Wärme haben.

Das gleiche Gesetz finden wir in Beziehung auf den Aggregatzustand der Körper. Dass Körper, die sich im flüssigen Aggregatzustand befinden, eine grössere Menge von elektrischem Aether enthalten müssen als im festen, haben wir daraus gesehen, dass die Abstossung der Theile im ersten Fall eine vermehrte, also die Dichtigkeit eine geringere ist; hieraus folgt aber, dass entsprechend dem Gehalt der Körper an elektrischem Aether auch ihre specifische Wärme grösser sein muss für den flüssigen, als für den festen Aggregatzustand.

Auch bei den zusammengesetzten Körpern muss die gleiche Beziehung stattfinden.

Da bei einer chemischen Verbindung elektrischer Aether in Freiheit gesetzt wird, so muss sich dieser Mindergehalt der Verbindung an elektrischem Aether einerseits in einer geringeren Abstossung der Theile, also in einer grösseren Dichtigkeit, und andererseits in einer Verminderung der specifischen Wärme kundgeben.

Dies wird auch durch die Erfahrung vollkommen bestätigt; das Aequivalentvolumen des Bleiglanzes z. B. ist kleiner als die Aequivalentvolumina seiner Bestandtheile. Die hier stattgefundene Verdichtung hat ihren Grund in dem Mindergehalt der Verbindung an elektrischem Aether, da aber dieser Mindergehalt gleichzeitig in der specifischen Wärme seinen Ausdruck findet, so muss offenbar das Aequivalentvolumen vom Bleiglanz, im Vergleich mit der Summe der Aequivalentvolumina seiner Bestandtheile in demselben Verhältniss kleiner werden, wie die Atomwärme desselben, im Vergleich mit der Summe der Atomwärmen seiner Bestandtheile.

Bei der Verbindung eines festen Elements mit einem Gas zu einem festen Körper findet scheinbar dieses Gesetz über das Verhältniss zwischen Dichtigkeit und specifischer Wärme keine Anwendung, indem z. B. bei Verbindungen von Sauerstoff

mit einem Metall das Aequivalentvolumen des Sauerstoffs eine weit grössere Verdichtung erleidet, als der Abnahme seiner Atomwärme entspricht. Dies erklärt sich indessen aus dem durch das Experiment bewiesenen Satz, dass die specifische Wärme der Gase unabhängig ist von dem Druck, unter welchem sie stehen. Da also der Gehalt der Gase an elektrischem Aether sich durch die Verdichtung nicht ändert, oder doch diese Differenz gegenüber der Verminderung vom Aequivalentvolumen zu gering ist, um nachgewiesen werden zu können, so folgt daraus, dass auch bei der Verdichtung der Gase in Folge der chemischen Verbindung der Gehalt derselben an elektrischem Aether, oder die specifische Wärme in einem weit geringeren Verhältniss abnimmt, als ihrer Verdichtung oder der Verminderung ihres Aequivalentvolumens entspricht.

Die Mengenverhältnisse, unter denen sich die Körper chemisch verbinden, sind abhängig von dem Gehalt der letzteren an elektrischem Aether, der für die einfachen Körper dem Aequivalent-Gewicht umgekehrt proportional ist. Für die zusammengesetzten Körper dagegen ist der Gehalt an elektrischem Aether etwas kleiner, als sich aus der Berechnung ihres Aequivalent-Gewichtes ergibt, und daraus folgt, dass sich zusammengesetzte Verbindungen nur dann mit andern im Verhältniss ihrer Aequivalent-Gewichte vereinigen können, wenn diese Differenz an elektrischem Aether für beide Verbindungen die gleiche oder eine proportionale ist. Es verbinden sich deshalb Sauerstoff-Verbindungen, bei denen der Verlust an elektrischem Aether ein sehr grosser ist, nur wieder mit Sauerstoffverbindungen, Chlorverbindungen, bei denen der Verlust an elektrischem Aether ein geringer ist, verbinden sich wieder mit Chlorverbindungen, zusammengesetzte Körper verbinden sich nicht mit einfachen etc.

Licht.

Der Lichtäther kann nur durch Umsetzung aus dem elektrischen Aether entstehen und bietet viele dem letzteren analoge Erscheinungen dar. Während undurchsichtige Körper den Lichtäther zum Theil in elektrischen Aether umsetzen, vermögen durchsichtige Körper auf denselben eine anziehende Kraft auszuüben, die sowohl von ihrer Natur als auch von ihrer Form abhängt. Wenn ein Lichtstrahl von einem Körper nicht durchgelassen, sondern an der Oberfläche reflectirt wird, so beschränkt sich dieser Einfluss auch nur auf die Oberfläche; in derselben Neigung also, in welcher der Lichtstrahl die Oberfläche trifft, muss er auch wieder von dieser reflectirt werden; bei Lichtstrahlen dagegen, die einen durchsichtigen Körper durchdringen, kommt in Bezug auf die Ablenkung, die sie durch denselben erleiden, nicht allein der Einfallswinkel, sondern auch die anziehende Kraft in Betracht, die die betreffenden Körper auf den Lichtäther ausüben.

Für einen und denselben durchsichtigen Körper wächst aber seine anziehende Kraft auf den Lichtäther mit seiner Masse; solche durchsichtige Körper, die deshalb durch ihre Form mit einer ungleichen Masse auf den Lichtstrahl anziehend wirken, werden auch in ihren verschiedenen Theilen eine ungleichartige Anziehungskraft auf denselben ausüben.

So wird z. B. der Lichtstrahl durch ein Prisma offenbar von der Seite eine grössere Anziehung erfahren, auf welcher die Wirkung der Masse eine grössere ist; der Lichtstrahl wird deshalb stets nach der Basis und nicht nach der brechenden Kante zu abgelenkt. Wenn der Lichtstrahl mit der Basis des Prisma's parallel läuft, so muss die Anziehung, die durch das Verhältniss der Masse innerhalb des Prisma's auf den Lichtäther ausgeübt wird, an allen Stellen die gleiche sein, weshalb auch in diesem Fall für den Lichtstrahl das Minimum der Ablenkung eintritt. Auch die sphärischen Linsen wirken je nach der ungleichen Vertheilung ihrer Masse mit einer verschiedenen Anziehungskraft auf den Lichtstrahl; es werden deshalb Linsen, die in der Mitte dicker sind, auch in der Mitte die stärkste Anziehung auf die Lichtstrahlen ausüben und sie also sammeln, während aus dem gleichen Grund solche Linsen, die am Rand dicker sind, die Lichtstrahlen zerstreuen.

Sowie sich der elektrische Aether in die $+E$ und $-E$ zu spalten und durch die Vereinigung der beiden wieder zu entstehen vermag, so hat auch das weisse Licht oder der Lichtäther die Eigenschaft, sich in sieben andere Lichtarten zu spalten und aus diesen wiederum zu entstehen.

Diese Lichtarten zeigen aber unter einander ein sehr verschiedenes Verhalten, und zwar bezieht sich diese Verschiedenheit zunächst auf den Grad der Anziehung, die das Prisma auf dieselben ausübt. Das rothe Licht wird am wenigsten, das violette Licht am meisten angezogen; deshalb erfährt das violette Licht im Prisma die grösste Ablenkung nach der Richtung hin, in welcher die Anziehung durch die Vertheilung der Masse eine grössere ist. Die Verschiedenheit in der Anziehungskraft, mit der das Prisma auf die verschiedenen Lichtarten wirkt, und die Verschiedenheit ihrer Ablenkung durch dasselbe ist also hier der Grund zur Spaltung des Lichtäthers.

Durch das Prisma wird aber nicht allein der Lichtäther in seine Bestandtheile gespalten, sondern es wird auch ein Theil desselben in elektrischen Aether umgesetzt; da aber auf den letzteren die anziehende Kraft des Prisma's eine geringere ist, so wird derselbe auch eine geringere Ablenkung erfahren und das Spectrum desselben demnach nicht mit dem Spectrum des Lichts zusammenfallen. Die grösste Dichtigkeit des elektrischen Aethers fällt über das rothe Ende des sichtbaren Spectrums hinaus; da aber, wie wir gesehen haben, mit der Dichtigkeit des elektrischen Aethers auch zugleich seine Umsetzungsfähigkeit zunimmt, so wird an der genannten Stelle die grösste Wärmebildung stattfinden, während am violetten Ende der elektrische Aether wegen seiner geringeren Dichtigkeit auch die geringste Umsetzung erfährt und deshalb hier die grössten chemischen Wirkungen hervorbringt.

Eine weitere Analogie mit dem elektrischen Aether liegt in der Thatsache, dass die einzelnen Theilchen des Lichtäthers die Fähigkeit haben sich unter einander abzustossen.

Beweis hierfür sind zunächst die Beugungs-Erscheinungen, welche man beobachtet, wenn man durch einen schmalen verticalen Spalt ein Bündel Sonnenstrahlen in einen dunkeln Raum treten lässt und dort in geeigneter Weise auffängt. Die abstossende Kraft der einzelnen Theile des Lichtäthers äussert sich hier in der bereits bei der strahlenden Wärme beobachteten Weise: es zeigen sich verschiedene helle Lichtstreifen, welche, da sie sich unter einander abstossen, nicht unter einander zusammenhängen können, sondern durch verschiedene dunkle Zwischenräume unterbrochen werden. Diese Abstossung des Lichtäthers kann indessen nur da zur Wirkung kommen, wo die Dichtigkeit desselben eine verschiedene ist. In einem gleichmässig erhellten Raum müssen sich für jedes Lichttheilchen die abstossenden Kräfte das Gleichgewicht halten; in einem

dunkeln Raum dagegen sucht sich der Lichtstrahl gleichmässig auszudehnen, indem an den Stellen seiner grössten Dichtigkeit auch die abstossende Kraft am stärksten ist; hierdurch wird aber die Entfernung der Lichttheilchen von einander oder die Erscheinung der hellen und dunkeln Linien hervorgerufen.

Auch wenn zwei Lichtstrahlen durch Metallspiegel so reflectirt werden, dass sie sich mit ganz geringer Neigung einander nähern, so muss bei ihrem Zusammentreffen die abstossende Kraft des Lichtäthers an den Stellen seiner grösseren Dichtigkeit zur Wirkung kommen, was durch die Bildung von abwechselnd hellen und dunkeln Streifen angezeigt wird; Lichtstrahlen können indessen nur dann interferiren, wenn sie sich nur in geringem Grad einander nähern; denn wenn der Winkel unter dem sich beide Lichtstrahlen treffen, ein grösserer wird, alsdann ist die zwischen den einzelnen Lichttheilchen thätige abstossende Kraft zu gering, als dass sie die Vereinigung der beiden Lichtstrahlen verhindern könnte.

Diese abstossende Kraft ist indessen für die verschiedenen Lichtarten eine verschiedene. Während das rothe Licht, welches durch eine schmale Spalte dringt, sich in der Weise abstösst, dass Lichtstreifen von grösserer Breite entstehen, so werden diese Lichtstreifen immer schmaler für blaues und violettes Licht. Da nun aber, wie bei der strahlenden Wärme, so auch hier die Lichtstreifen in dem Maass schmaler werden müssen, als die abstossende Kraft des Lichtäthers, der diese Zwischenräume veranlasst, wächst, so müssen wir annehmen, dass für die Lichtstreifen von der geringsten Breite, nämlich für das violette Licht, auch die abstossende Kraft am grössten ist und dass dieselbe in der prismatischen Reihenfolge abnehmend für die rothen Strahlen am geringsten wird. Wie nun bei allen elektrischen Abstossungen die abstossende Kraft stets abhängig ist von der Dichtigkeit, so muss auch hier die abstossende Kraft des Licht-

äthers seiner Dichtigkeit entsprechen; für das violette Licht muss also die Dichtigkeit am grössten und in prismatischer Reihenfolge abnehmend für das rothe Licht am kleinsten sein. Diese Verschiedenheit in der Dichtigkeit des Lichtäthers muss sich ebensowohl in dem Maass seiner Abstossung als in dem seiner Anziehung bemerkbar machen. Es ist selbstverständlich, dass die Kraft, mit der das Prisma auf den Lichtäther anziehend wirkt, von der Dichtigkeit des letzteren abhängt, ebenso wie auch bei den elektrischen Anziehungen die anziehende Kraft mit der Dichtigkeit zunimmt; da nun für die violetten Lichtstrahlen die Dichtigkeit am grössten ist, so muss auch für diese die anziehende Kraft oder die Ablenkung durch das Prisma am grössten sein.

Sowie sich aber nur die gleichnamigen Elektricitäten unter einander abstossen, so kann auch diesem Gesetz analog nur bei Lichtstrahlen der gleichen Art ihre abstossende Kraft zur Wirkung kommen; nur Lichtstrahlen der gleichen Farbe also können interferiren, während ungleichartige Lichtstrahlen sich anziehen, indem sie sich wieder zu weissem Licht zu vereinigen streben.

Eine Abstossung des Lichtäthers kann nur dann stattfinden, wenn die Dichtigkeit desselben an der einen Stelle grösser ist als an der andern. Ebenso wie bei einem unter Druck ausströmenden Dampfstrahl nur dadurch eine Entfernung der Theilchen von einander möglich ist, dass die Dichtigkeit oder die abstossende Kraft derselber eine verschiedene ist, so können auch nur dann die Lichttheilchen eine Aenderung in ihrer Gleichgewichtslage erfahren, wenn die Dichtigkeit des Lichtäthers und hiermit seine abstossende Kraft an verschiedenen Stellen eine verschiedene ist.

Bei einer Abstossung des Lichtäthers, die durch die Verschiedenheit seiner Dichtigkeit veranlasst wird, können sich aber, wie wir gesehen haben, nur die Lichtstrahlen der gleichen

Farbe unter einander abstossen; da aber der dieser Abstossung entsprechende Lichtstreifen für jede Lichtart eine verschiedene Breite hat, so können sich diese Streifen nicht gegenseitig decken, sondern veranlassen, indem sie neben einander auftreten, eine Spaltung des Lichtäthers.

In gleicher Weise wie beim Prisma die Verschiedenheit der Anziehung die Spaltung des Lichtäthers veranlasst, so hat bei den Interferenz-Erscheinungen die Verschiedenheit der Abstossung unter den Lichtarten die Spaltung des weissen Lichtäthers zur Folge. Im Newton'schen Farbenglas wird diese Verschiedenheit in der Dichtigkeit des Lichtäthers durch die Ungleichheit der Luftschicht hervorgebracht, wodurch die abstossende Kraft der verschiedenen Lichtarten und hiermit ihre Spaltung zur Wirkung kommt. Bei Anwendung von weissem Licht sind die verschiedenen Lichtarten gemischt, je nach der Breite des Streifens, der der abstossenden Kraft jeder einzelnen Lichtart entspricht; bei homogenem Licht findet dagegen die Abstossung nur unter einer Lichtart statt, die dann durch dunkle Zwischenräume getrennt erscheint.

Auch durch das Gitterspectrum erhält der Lichtäther, indem er durch dunkle Zwischenräume unterbrochen wird, eine verschiedene Dichtigkeit, wodurch die Spaltung desselben veranlasst wird.

Die verschiedenen Lichtarten unterscheiden sich aber von einander noch in einer andern sehr wichtigen Weise. Wie bei der strahlenden Wärme die Umsetzungsfähigkeit des elektrischen Aethers von seiner Dichtigkeit abhängig ist, so steht auch bei den verschiedenen Lichtstrahlen die Fähigkeit, sich in elektrischen Aether umzusetzen, zu ihrer Dichtigkeit in einem bestimmten Verhältniss.

Je nachdem die Umsetzung des Lichtäthers in elektrischen Aether eine grössere oder kleinere ist, sind es auch Lichtarten

von bestimmter Dichtigkeit, auf die sich diese Umsetzung erstreckt; wenn die Absorption des Lichts ihr Maximum erreicht, werden die dichtesten, bei der geringsten Absorption dagegen werden die am wenigsten dichten Lichtstrahlen umgesetzt; ein Körper, der eine starke Absorption auf das Licht ausübt, erscheint demnach roth, ein solcher dagegen, bei dem diese Absorption eine geringe ist, blau oder violett.

Es lassen sich hierfür, ausser den Erscheinungen bei der chromatischen Polarisation, verschiedene directe Beweise anführen. So erscheint z. B. während des Tages der Himmel blau, da in diesem Fall die Absorption des Lichtäthers am kleinsten ist; wenn dagegen bei untergehender Sonne die Luftschicht, die die Sonnenstrahlen zu durchdringen haben, eine grössere geworden ist, so muss in gleichem Verhältniss auch die Absorption des Lichtäthers wachsen. Dieser grösseren Absorption entsprechend werden aber jetzt die dichtesten Lichtarten, also die blauen, zur Umsetzung gelangen, so dass nun die gelben und rothen Strahlen vorherrschen, die am Tage wegen ihrer geringeren Dichtigkeit theilweise absorbiert werden. Auch bei Lösungen von Chromchlorid und anderen Flüssigkeiten lässt sich zeigen, wie die Absorption des Lichtäthers mit der grösseren Dicke der Schicht, welche er zu durchdringen hat, wächst und wie hiervon auch die Erscheinung der betreffenden Farbe, die dieser Absorption entspricht, abhängig ist.

Während weisse Körper alles Licht, welches sie trifft, reflectiren und schwarze Körper dasselbe vollständig absorbiren, d. h. in elektrischen Aether umsetzen, haben farbige Körper die Eigenschaft, je nach dem Grad der Umsetzung, die sie auf den Lichtäther ausüben, einen Theil der Lichtarten zu absorbiren, den andern Theil dagegen unverändert zu reflectiren; aus der Mischung dieser nicht absorbirten Lichtarten bildet sich die natürliche Farbe der Körper. Ist ein solcher farbiger

Körper durchsichtig, so muss das von demselben durchgelassene Licht durch das Prisma in gleicher Weise in seine Bestandtheile gespalten werden, wie auch das weisse Licht, indem jede Lichtart genau an derjenigen Stelle des Spectrums erscheint, die ihrer Brechbarkeit entspricht; diejenigen Lichtarten, die schon vom durchsichtigen Körper absorbirt wurden, müssen deshalb im Spectrum durch dunkle Stellen bezeichnet sein.

Ein Körper, der sich im glühenden Zustand befindet, zeigt indessen in Bezug auf die Lichtstrahlen, welche er ausstrahlt, ein ganz anderes Verhalten als bei gewöhnlicher Temperatur. Kochsalz z. B., welches zum Glühen erhitzt wird, setzt einen Theil des ihm durch die Erhitzung zugeführten elektrischen Aethers in Licht um; diese Umsetzung erstreckt sich indessen nicht auf alle, sondern nur auf gewisse Lichtarten von bestimmter Brechbarkeit, sowie auch die strahlende Wärme des erhitzten Körpers nur aus elektrischem Aether von bestimmten Dichtigkeitsgraden besteht.

Die vom glühenden Körper ausgesandten Lichtarten werden deshalb, durch das Prisma gespalten, kein zusammenhängendes Spectrum bilden, sondern nur Lichtstreifen, die genau an der Stelle erscheinen müssen, die ihrer Brechbarkeit entspricht. Wenn weisses Licht, vereinigt mit demjenigen, welches ein solcher glühender Körper ausstrahlt, durch das Prisma gespalten wird, so müssten die vom glühenden Körper ausgestrahlten Lichtarten an derselben Stelle des Spectrums doppelt vorhanden sein; die abstossende Kraft indessen, die, wie wir gesehen haben, unter Lichtarten von gleicher Brechbarkeit zur Wirkung kommt, hat die Ausscheidung dieser Lichtarten aus dem Spectrum, resp. deren Absorption zur Folge, weshalb in diesem Fall statt der hellen Linie eine dunkle erscheint.

Der Lichtäther kann nur durch Umsetzung aus elektrischem Aether entstehen, und zwar in allen den Fällen, wo

der letztere in Freiheit gesetzt wird. Das Licht tritt deshalb gewöhnlich gleichzeitig mit der Wärme auf bei chemischen Verbindungen, bei der Verbrennung, bei Erhitzung der Metalle etc. Auch durch Reibung können Körper im Dunkeln leuchtend werden; der bei der Reibung in Freiheit gesetzte elektrische Aether setzt sich also ebensowohl in Licht um, wie wir auch früher dessen Spaltung und Umsetzung zu Wärme beobachtet haben. Auch durch die vorherige Einwirkung von Sonnenlicht werden Körper im Dunkeln leuchtend, indem der durch Umsetzung in denselben entstandene elektrische Aether wieder in Licht zurückgebildet wird. Da aber, wie wir gesehen haben, die blauen und violetten Strahlen diejenigen sind, in welchen der Dichtigkeitszustand vom Lichtäther sein Maximum erreicht, so müssen auch diese zugleich am meisten Phosphorescenz erregend wirken, ebenso wie auch von diesen die Fluorescenz vorzugsweise bedingt wird.

Polarisation. Die Fähigkeit der Krystalle zur Aufnahme des elektrischen Aethers ist nicht für alle Theile derselben die gleiche. Die Anziehungskraft, die der Turmalin auf den elektrischen Aether ausübt, erreicht, wie wir früher gesehen haben, ihr Maximum in der Richtung der krystallographischen Hauptaxe und hieraus folgt, dass in der gleichen Richtung der Turmalin auch die grösste Fähigkeit besitzen muss, das Licht in elektrischen Aether umzusetzen.

Der Lichtäther, der durch eine Turmalin-Platte geht, erfährt also die grösste Umsetzung in der Richtung der Hauptaxe; diejenige Richtung also, in welcher der Lichtäther die geringste Absorption erleidet, in der er am meisten durchgelassen wird und deshalb die grösste Dichtigkeit besitzt, muss rechtwinklich zur Hauptaxe stehen.

Während also das gewöhnliche Licht in allen Theilen die gleiche Dichtigkeit besitzt, haben wir uns das durch eine

Turmalin-Platte gegangene oder polarisirte Licht als einen Bündel feiner Lichtlinien vorzustellen, deren Richtung wir die Polarisations-Richtung nennen wollen und die also beim Turmalin rechtwinklich auf seiner Hauptaxe steht. —

Alle doppelt brechenden Krystalle haben die Eigenschaft, den Lichtäther, welchen sie durchlassen, nach zwei bestimmten Polarisations-Richtungen zu zerlegen, die zu einander rechtwinklich stehen.

Das Bild eines Gegenstandes erscheint also durch ein doppelt brechendes Prisma gesehen doppelt, indem das eine Bild vom Lichtäther der einen, das andere Bild vom Lichtäther der andern Polarisations-Richtung herrührt. Beide polarisirte Strahlen erscheinen in diesem Falle getrennt neben einander. Bei einaxigen Krystallen fallen diese beiden Bilder zusammen, wenn der Lichtstrahl in der Richtung der Hauptaxe den Krystall durchläuft; hieraus folgt aber, dass in der Richtung der optischen Axe der vom betreffenden Gegenstand ausgehende Lichtäther beiden Polarisations-Richtungen gemeinsam sein muss; die beiden polarisirten Strahlen müssen sich also in diesem Falle in der optischen Axe kreuzen.

Auch im Polarisations-Apparat wird der Lichtäther in zwei zu einander rechtwinkliche Polarisations-Richtungen zerlegt, indem derselbe durch eine Glasplatte theils gebrochen, theils reflectirt wird; die Polarisations-Richtung des nach dem oberen Spiegel reflectirten Strahles liegt in der Ebene des einfallenden und des reflectirten Strahles, während die Polarisations-Richtung des durch den Spiegel gebrochenen Strahles auf ersterem rechtwinklich steht und mit der Ebene des Spiegels parallel ist.

Bei gekreuzten Spiegeln muss nun die Polarisations-Richtung des den Zerlegungsspiegel treffenden Strahles mit diesem in einer Ebene liegen, er wird also durch denselben gebrochen und von der geschwärzten Rückseite absorbirt; bei parallelen

Spiegeln dagegen durchschneidet der polarisirte Strahl den Zerlegungsspiegel rechtwinklich zu seiner Ebene, ohne hierbei Umsetzung erleiden zu können.

Licht, welches bereits eine bestimmte Polarisations-Richtung angenommen hat, kann also auch nur dann von einer Turmalin-Platte durchgelassen werden, wenn die Richtung, in der die letztere überhaupt den Lichtäther durchlässt, mit der Polarisations-Richtung des Strahles zusammenfällt, während dagegen in jeder anderen Stellung das Licht eine grössere oder kleinere Absorption erfährt; wird deshalb die Turmalin-Platte als Zerlegungsspiegel angewandt, so findet die grösste Umsetzung dann statt, wenn die Reflexions-Ebene des Lichtstrahls, also auch seine Polarisations-Richtung mit der Hauptaxe zusammenfällt. Wenn deshalb die beiden Bilder, die ein doppelt brechendes Prisma von einem Gegenstande liefert, durch eine Turmalin-Platte betrachtet werden, so wird beim Drehen der letzteren um 90° abwechselnd nur das eine oder das andere der beiden Bilder sichtbar werden, je nach dem die Richtung, in welcher die Turmalin-Platte den Lichtäther durchlässt, mit einem Lichtstrahl der einen oder der andern Polarisations-Richtung zusammenfällt.

Chromatische Polarisation. Dünne Gypsblättchen, die auf dem mittleren Tische vom Polarisations-Apparate den Wirkungen des polarisirten Lichtstrahls ausgesetzt werden, zeigen je nach dem Maassstabe, in dem das Licht entweder von denselben durchgelassen oder absorbirt wird, eine Verschiedenheit entweder in der Intensität der Färbung oder auch eine Veränderung der Farbe, die der Absorption entspricht. In einem durch Spaltung erhaltenen Gypsblättchen wird der Lichtäther in zwei bestimmten zu einander rechtwinklichen Richtungen durchgelassen; wenn nun eine von diesen Richtungen bei gekreuzten Polarisatoren mit der Polarisations-Richtung des

vom unteren Spiegel kommenden Strahles zusammenfällt, so kann in dieser Stellung des oberen Spiegels der Lichtstrahl nicht von demselben aufgenommen werden; das Licht wird also absorbiert, weshalb jetzt das Gypsblättchen dunkel erscheint. In der grössten Helligkeit erscheint dagegen das Gypsblättchen, wenn jede der Linien, in der dasselbe den Lichtäther durchlässt, mit der Polarisations-Richtung der vom unteren Spiegel reflectirten Strahlen einen Winkel von 45° macht.

In diesem Falle gelangt also das Licht von dem unteren nach dem oberen Polarisations-Spiegel, obgleich beide gekreuzt sind; es geht daraus hervor, dass in dieser Lage das Gypsblättchen eine Drehung auf die Polarisations-Richtung sowohl des einfallenden als des austretenden Lichtstrahls auszuüben vermag, denn sonst könnte die Polarisations-Richtung des Lichtstrahls sich nicht so weit der des oberen Spiegels nähern, um von demselben durchgelassen werden zu können. Der Grad der Umsetzung, den in diesem Falle der Lichtäther durch das Gypsblättchen erleidet, muss mit der Dicke des letzteren zunehmen.

Da aber, wie wir früher sahen, bei der grössten Umsetzung die dichtesten, bei der geringsten Umsetzung die am wenigsten dichten Lichtarten absorbiert werden, so folgt daraus, dass das Gypsblättchen bei der geringsten Dicke violett, bei der grössten Dicke dagegen roth erscheinen muss.

Wenn das Gypsblättchen so zwischen den gekreuzten Polarisationsspiegeln liegt, dass jede der Richtungen, in denen dasselbe den Lichtäther durchlässt, mit dem unteren Polarisationsspiegel einen Winkel von 45° bildet und der obere Spiegel alsdann um 45° gedreht wird, so muss offenbar bei dieser Stellung des letzteren der durch das Gypsblättchen hindurch gegangene Strahl mit der Polarisations-Richtung des oberen Spiegels vollständig zusammenfallen; da also jetzt der Lichtstrahl vollständig durchgelassen wird und deshalb keine

Absorption erleidet, so kann auch in diesem Falle keine Farbenerscheinung sich zeigen; das Blättchen erscheint also weiss. Wenn dagegen bei gleicher Lage des Gypsblättchens der durch dasselbe hindurchgegangene Strahl vom oberen Spiegel nicht vollständig durchgelassen wird, wenn also der Zerlegungs-Spiegel so gedreht wird, dass er mit der Polarisations-Richtung des unteren Spiegels entweder parallel oder gekreuzt ist, so muss offenbar in beiden Fällen der Lichtstrahl in gewissem Grade absorbirt werden; diese Absorption ist aber am grössten, wenn die Polarisatoren gekreuzt, am kleinsten, wenn sie parallel sind; für beide Fälle erscheinen deshalb im Gypsblättchen die complementären Farben. — Wird deshalb bei gleicher Lage des Gypsblättchens der Zerlegungsspiegel durch ein doppeltbrechendes Prisma ersetzt, so erscheinen die beiden Bilder complementär gefärbt, je nach dem die Polarisations-Richtung vom Lichtstrahl mit derjenigen vom Prisma zusammenfällt oder darauf rechtwinklich steht.

Werden zwischen die gekreuzten Spiegel zwei Gypsblättchen gelegt, deren Polarisations-Richtungen unter einem rechten Winkel sich kreuzen, so muss natürlich das Licht, welches vom einen Blättchen durchgelassen wird, vom zweiten absorbirt werden.

Da aber der Grad der Umsetzung, den das Licht durch das Gypsblättchen erleidet, von seiner Dicke abhängt, so muss bei gleicher Dicke der Gypsblättchen im einen ebenso viel Licht durchgelassen werden, wie durch das andere absorbirt wird, also Dunkelheit entstehen. Bei ungleicher Dicke dagegen ist die Menge des durchgelassenen Lichtes eine grössere, resp. die des absorbirten eine geringere. Das Licht wird also jetzt nicht vollständig, sondern nur theilweise absorbirt; der Grad aber dieser Absorption, der zugleich das Auftreten einer bestimmten Lichtart bedingt, ist abhängig von dem Verhältniss

zwischen dem durchgelassenen und dem absorbirten Licht oder von der Differenz zwischen der Dicke der Gypsblättchen.

Wenn eine Kalkspathplatte, die rechtwinklich zu ihrer optischen Axe geschliffen ist, zwischen die beiden Turmalinplatten gebracht wird, deren Polarisations-Richtungen parallel sind, so wird der polarisirte Lichtstrahl, indem er von der doppeltbrechenden Kalkspathplatte durchgelassen wird, gleichzeitig durch dieselbe in zwei zu einander rechtwinkliche Polarisations-Richtungen zerlegt.

Diese beiden rechtwinklich zu einander polarisirten Strahlen kommen deshalb in der Kalkspathplatte in der Gestalt eines weissen Kreuzes zur Erscheinung und bezeichnen so dem Auge sichtbar, dass das eigentliche Wesen der polarisirten Lichtstrahlen auf einer Zerlegung des Lichtäthers in gewisse Lichtlinien beruht. Da sich die beiden polarisirten Lichtstrahlen in der optischen Axe schneiden, so wird hieraus zugleich deutlich, dass ein Gegenstand, der das Licht in der Richtung der optischen Axe ins Auge sendet, hier an dem den beiden Polarisations-Richtungen gemeinsamen Punkte auch für beide Strahlen an derselben Stelle erscheinen muss, und dass also in diesem Fall eine doppelte Brechung unmöglich ist.

In diesen beiden Polarisations-Richtungen, in welche der Lichtäther zerlegt wird, wird derselbe bei parallelen Spiegeln vollständig durchgelassen oder bei gekreuzten Spiegeln vollständig absorbirt, weshalb auch in diesem Fall statt des weissen Kreuzes ein schwarzes erscheint. Eine Interferenz kann zwischen diesen rechtwinklich zu einander polarisirten Lichtstrahlen nicht eintreten, da, wie wir bereits früher sahen, die abstossende Kraft derselben nur dann zur Wirkung kommen kann, wenn sie sich in nahezu paralleler Richtung einander nähern. In dem Kreuzungspunkt der beiden polarisirten Strahlen, der optischen Axe, wird der Lichtäther am vollständigsten durch-

gelassen und erscheint also hier in grösster Dichtigkeit; da aber die Dichtigkeit des Lichtäthers in gleichen Entfernungen von der optischen Axe abnimmt, so muss die abstossende Kraft desselben, dieser verschiedenen Dichtigkeit entsprechend, eine Spaltung in die einzelnen Lichtarten hervorrufen, die sich im Auftreten von concentrischen Farbenringen äussert. Es kommen jedoch hierbei nicht alle Lichtarten zur Erscheinung, indem vorzugsweise diejenigen der grössten Brechbarkeit absorbirt werden.

Wenn eine Salpeterplatte, die senkrecht auf die Mittellinie geschnitten ist, so zwischen die gekreuzten Turmalinplatten gebracht wird, dass die Ebene ihrer beiden optischen Axen einen Winkel von 45° mit jeder der Polarisations-Richtungen der Turmalinplatten bildet, so wird der polarisirte Lichtstrahl in der Ebene der optischen Axen durchgelassen; er erfährt also eine Drehung seiner Polarisations-Richtung, da er im andern Fall bei gekreuzten Polarisatoren absorbirt werden würde.

Da also der Lichtäther in der Ebene der optischen Axen durchgelassen wird, so hat er auch hier die grösste Dichtigkeit. Die Dichtigkeit des Lichtäthers nimmt aber in gleichen Entfernungen von der Ebene der optischen Axen ab, so dass jetzt die abstossende Kraft des Lichtäthers, dem Verhältniss seiner Dichtigkeit entsprechend, eine Spaltung in der Weise herbeiführen muss, dass die einzelnen Lichtarten die optischen Axen und die Ebene der optischen Axen in Form von Lemniscaten umgeben; indessen werden auch hier einzelne Lichtarten je nach dem Grad der Absorption umgesetzt. Da der Salpeter ein zweiaxiger Krystall ist, so wird der polarisirte Lichtstrahl in jeder optischen Axe in einen zweiten Lichtstrahl zerlegt, der auf dem ersten senkrecht steht, in der oben genannten Lage der Platte aber nicht durchgelassen werden kann, sondern absorbirt wird und deshalb als schwarzer Streifen erscheint. Wenn nun beide optische Axen mit der Mittellinie

parallel wären, so müsste dieser Absorptionsstreifen, wie bei den einaxigen Krystallen, als gerade Linie erscheinen. Da aber beide optische Axen einen Winkel mit einander machen, so wird der polarisirte Lichtstrahl an der Stelle, wo er die optische Axe berührt, auch der Richtung derselben folgen, während mit zunehmender Entfernung von diesem Punkt nach beiden Enden hin die anziehende Kraft der optischen Axe auf den Lichtstrahl eine geringere wird. Während deshalb der Strahl nach den beiden Enden hin seine ursprüngliche Polarisations-Richtung beibehält, erscheint er nach der Mitte zu, wo er der Richtung der optischen Axe folgt, gebogen, und wird deshalb, indem er absorbirt wird, als schwarzer hyperbolischer Büschel sichtbar.

Wenn man eine senkrecht zur Axe geschnittene Quarzplatte auf den mittleren Tisch des Polarisations-Apparates bringt, so wird bei parallelen Spiegeln die Polarisations-Richtung des einfallenden mit der des austretenden Lichtstrahls zusammenfallen und also alles Licht durch die Quarzplatte hindurch gelassen ohne eine andere Absorption zu erleiden als diejenige, welche durch die Dicke der Platte bedingt wird. Wenn nun der Zerleger aus dieser parallelen Stellung herausgedreht wird, so dass er mit dem untern Spiegel einen Winkel macht, so kann der Lichtstrahl nur dann von der Quarzplatte durchgelassen werden, wenn seine Polarisations-Richtung in der Quarzplatte um soviel gedreht wird, dass nun die Polarisations-Richtung des austretenden Strahles mit der des Zerlegers wieder zusammenfällt. Die Grösse des Drehungsbogens, die der polarisirte Lichtstrahl hierbei auszuführen hat, bedingt aber den Grad der Absorption, die er durch die Drehung erleidet; da nun aber, wie wir gesehen haben, bei der grössten Absorption die dichtesten, bei der geringsten Absorption die am wenigsten dichten Lichtarten umgesetzt werden, so folgt daraus, dass die Quarzplatte violett erscheinen muss, wenn der Drehungsbogen

am kleinsten, roth dagegen, wenn er am grössten wird. Die Grösse des Drehungsbogens ist aber davon abhängig, ob die Krystallplatte die Polarisations-Richtung des Lichtstrahls nach der rechten oder nach der linken Seite zu drehen die Eigenschaft hat. Wenn z. B. der Zerleger so gedreht wird, dass er mit der Polarisations-Richtung des unteren Spiegels einen Winkel von 24° bildet, so muss der Lichtstrahl in einen Fall um 24° , im anderen Fall um 156° gedreht werden, um mit der Polarisations-Richtung des Zerlegers zusammenzufallen. Da nun die hierbei stattfindende Absorption im ersten Fall am geringsten, im zweiten am grössten wird, so erscheint diejenige Quarzplatte, die die Polarisations-Richtung des Lichtstrahls nur um 24° dreht, blau, während die nach der entgegengesetzten Seite zu drehende roth erscheint. Nur bei parallelen oder bei gekreuzten Polarisatoren zeigen die rechtsdrehende und die linksdrehende Platte die gleiche Färbung, da ja hier für beide Platten der Drehungsbogen entweder 0° oder 90° beträgt, also in beiden Fällen der gleiche bleiben muss. Die Absorption des Lichtäthers ist aber nicht allein von der Drehung seiner Polarisations-Richtung, sondern auch von der Dicke der Quarzplatte abhängig. Bei doppelter Plattendicke wird auch die Absorption um das Doppelte vergrössert; wenn deshalb in diesem Fall die Farbenerscheinung dennoch die gleiche bleiben soll, so muss in demselben Verhältniss die Absorption gleichzeitig dadurch verringert werden, dass die Drehung in der Polarisations-Richtung des Lichtstrahls eine geringere wird; letzteres geschieht aber dadurch, dass der Zerlegungsspiegel um das Doppelte von dem gedreht werden muss, wie dies für die gleiche Farbenerscheinung bei einfacher Plattendicke der Fall war.

Magnetismus.

Wie in den getrennten Elektricitäten, so treten uns auch beim Magnetismus zunächst die Spaltungsproducte von etwas Unbekanntem entgegen, und wir müssen deshalb von diesen Spaltungsproducten ausgehend, dasjenige, woraus sie entstanden sind, zu erkennen suchen.

Ein Stück Eisen wird magnetisch, wenn der Nord- und Süd-Magnetismus getrennt werden; diese zeigen besonders auffallende Eigenschaften, während dasjenige, durch dessen Spaltung sie entstanden sind, sich unserer Wahrnehmung entzieht. Wir nennen nun entsprechend dem elektrischen Aether das ursprünglich Vorhandene den magnetischen Aether, welcher sich in den Nord- und Süd-Magnetismus zu spalten vermag. Wenn auch die Anzahl der Körper, bei denen diese Spaltung durch die gewöhnlichen Mittel gelingt, ausser dem Eisen nur eine geringe ist, so müssen wir trotzdem annehmen, dass der magnetische Aether in allen Körpern in einer bestimmten Menge enthalten ist; und wie der elektrische Aether in einem Körper durch seine Spaltungsproducte ersetzt werden kann, so müssen wir auch das gleiche Gesetz auf den Magnetismus anwenden. Da nun wie bei Electricität und Licht, so auch zwischen dem magnetischen Aether und dessen Spaltungsproducten eine gewisse Aehnlichkeit und Harmonie der Eigenschaften bestehen muss und da sich der Nord- und Süd-Magnetismus durch seine

mechanische Anziehungskraft charakterisirt, so müssen wir auch die gleiche Eigenschaft dem magnetischen Aether zuschreiben. Wir verstehen deshalb unter magnetischem Aether denjenigen Aether, dessen anziehende Kraft die allgemeine Schwere der Körper bedingt; die Kraft, mit der jeder Körper von der Erde angezogen wird, muss also dem Gehalt desselben an magnetischem Aether proportional sein.

Sowie demnach für jeden Körper der Gehalt an elektrischem Aether das Maass der chemischen Anziehung bezeichnet, so ist der Gehalt an magnetischem Aether das Maass für die mechanische Anziehung oder die Schwere.

Auch im Erdkörper als solchem findet eine solche Spaltung des magnetischen Aethers statt, indem an den beiden Polen desselben der magnetische Aether durch seine Spaltungsproducte theilweise ersetzt ist, so dass am einen Pol der Nord-Magnetismus, am andern Pol der Süd-Magnetismus vorherrscht.

Es müsste also hiernach am Erd-Aequator die Magnetnadel eine horizontale Lage einnehmen, weil sie hier von beiden Polen in gleicher Stärke angezogen wird; dies trifft indessen in Wirklichkeit nicht genau zu, da ausser der Anziehung an den Polen, noch verschiedene örtliche Einflüsse ins Spiel kommen, die wir im nächsten Abschnitt besprechen wollen.

Wie Licht und Wärme, so kann auch der Magnetismus durch Umsetzung aus Elektrizität hervorgebracht werden. Der galvanische Strom erzeugt stets im Verhältniss der elektrischen Dichtigkeit auch eine bestimmte Menge von Magnetismus, welcher, indem er auch auf die Entfernung vertheilend wirkt, im Stande ist, im Eisen eine Spaltung des magnetischen Aethers zu bewirken.

Da diese Umsetzung der Elektrizität in Magnetismus mit der elektrischen Dichtigkeit wächst, so gründet sich hierauf eine Methode zur Bestimmung der Stromstärke. Wenn die

Tangentenbussole in den magnetischen Meridian gestellt und vom elektrischen Strom umkreist wird, so wird sowohl der durch Umsetzung erhaltene, als auch der gleichnamige Magnetismus der Magnetnadel nach derselben Richtung des magnetischen Meridians hingezogen, so dass nun die Grösse der abstossenden Kraft des gleichnamigen Magnetismus in der Ablenkung der Magnetnadel zur Wirkung kommt.

Wenn der elektrische Strom die Drahtwindungen einer Magnetisirungsspirale durchläuft, so wird durch Umsetzung der Elektrizität neben Magnetismus auch Wärme gebildet; bei gleicher Stromstärke muss deshalb die gebildete Wärmemenge um so geringer sein, je grösser derjenige Antheil der Elektrizität wird, der sich zu Magnetismus umsetzt.

Zur kosmischen Physik.

Die Erde empfängt alle Wärme von der Sonne durch die Sonnenstrahlen, deren Umsetzung nach denselben Gesetzen erfolgen muss, die wir im Vorhergehenden kennen lernten. Sobald die Lichtstrahlen in den Luftkreis eintreten, erfahren sie mit der grösseren Dichtigkeit desselben auch eine gesteigerte Absorption, die am vollständigsten wird, wenn die Lichtstrahlen die Erde treffen; da nun aber die Umsetzungsfähigkeit des elektrischen Aethers mit seiner Dichtigkeit wächst, so muss auch die Bildung von Wärme mit der Dichtigkeit der Luft zunehmen und an der Erdoberfläche ihr Maximum erreichen.

Wie überhaupt alles Licht, so kann auch das Sonnenlicht nur durch Umsetzung aus elektrischem Aether entstehen.

Die Sonne hat also die Fähigkeit, den elektrischen Aether fortdauernd anzuziehen, denselben in Licht umzusetzen und das gebildete Licht nach der Erde auszustrahlen.

Die Antwort auf die Frage, woher die Sonne jederzeit die zu diesem Umsetzungsprocess nöthige Menge von elektrischem Aether empfängt, löst sich zugleich durch die andere Frage: wohin kommt der auf der Erde stets in neuer Menge gebildete elektrische Aether? Denn wie jeder geordnete Haushalt auf Einnahme und Ausgabe beruht, so muss dieses Gesetz der Harmonie ganz besonders beim Haushalt der Natur Geltung und Anwendung finden. Die Sonne sendet auf die Erde das Licht,

um es nach dessen Umsetzung als elektrischen Aether wieder anzuziehen und von neuem zum Lichtbildungsprocess zu verwenden.

Wie die Sonne so vermögen auch andere Weltkörper durch Umsetzung des elektrischen Aethers, welchen sie aufnehmen, ihr eigenes Licht zu bilden; da aber je nach der Stellung derselben die Menge des von ihnen aufgenommenen elektrischen Aethers eine verschiedene ist, so erklärt sich auch hieraus zugleich die Veränderlichkeit derselben in Bezug auf die Lichtstärke. Die Veränderlichkeit in der Lichtstärke der Planeten im Zusammenhang mit ihrer Stellung zur Sonne scheint darauf hinzudeuten, dass auch diese Weltkörper ihr eignes Licht erzeugen. Wenn z. B. die oberen Planeten in Conjunction mit der Sonne stehen, so wird der elektrische Aether, der von der Erde nach dieser Seite des Weltraums ausgestrahlt wird, vorzugsweise durch die stärkere Anziehungskraft der Sonne absorbirt, und indem so für die oberen Planeten die Menge des elektrischen Aethers, den sie aufzunehmen im Stande sind, sich vermindert, muss zugleich für dieselben in dieser Stellung das Minimum der Lichtstärke eintreten. In gleicher Weise werden sie zur Zeit der Opposition das Maximum der Lichtstärke erreichen, da sie in diesem Fall allen elektrischen Aether, der von der andern Erdhälfte kommt, aufzunehmen im Stande sind. Ebenso nimmt bei den unteren Planeten die Lichtstärke mit ihrer scheinbaren Entfernung von der Sonne zu, was nicht der Fall sein könnte, wenn dieselben reflectirtes Sonnenlicht empfangen. Auch die Sonne zeigt solche Veränderlichkeiten in Bezug auf den Lichtbildungsprocess. Da wir uns vorstellen müssen, dass die Sonne nicht aus einer vollkommen gleichartigen Masse besteht, so können auch die einzelnen Theile derselben, feste wie gasförmige, in Bezug auf die Umsetzung des elektrischen Aethers nicht alle das gleiche Verhalten zeigen. Wenn deshalb die

Menge des elektrischen Aethers, der auf der Sonne zur Umsetzung gelangt, sich vermindert, so wird sich diese Verschiedenheit der Theile in Bezug auf ihre Fähigkeit den elektrischen Aether in Licht umzusetzen, in den dunkleren Stellen oder den Sonnenflecken bemerkbar machen.

Diese Verschiedenheit erstreckt sich aber auch auf die Qualität des Lichts; neben weissem Licht wird von anderen Theilen der Sonne nur Licht einer bestimmten Farbe ausgestrahlt und die auf diese Weise im Sonnenlicht doppelt enthaltenen gleichartigen Lichtstrahlen kommen, wenn das Licht durch das Prisma gespalten wird, durch ihre abstossende Kraft zur Absorption, was durch die an dieser Stelle auftretenden dunkeln Linien bemerkbar wird.

Sowie die Planeten ihr eigenes Licht bilden, indem sie den elektrischen Aether anziehen, so beruht umgekehrt bei den Kometen die Lichtbildung auf der Abstossung des elektrischen Aethers. Durch die Einwirkung der Sonne auf die Kometen wird der elektrische Aether der letzteren abgestossen nach der der Sonne abgewendeten Seite zu; da indessen andere Weltkörper auf den in der Umsetzung zu Licht begriffenen elektrischen Aether ihre anziehende Wirkung äussern, so bildet sich hierdurch die eigenthümliche Krümmung des Lichtbogens. Unsere Erde erzeugt selber kein Licht und unterscheidet sich dadurch sehr wesentlich von anderen Weltkörpern, die durch den Lichtbildungsprocess für sie thätig sind.

Kehren wir nun wieder zurück zu den Wirkungen der Sonnenstrahlen auf die Erde. Der elektrische Aether setzt sich nicht allein in Wärme um, sondern vermag sich auch zu spalten in die $+E$ und $-E$. Da die Umsetzung des elektrischen Aethers in Wärme mit der Dichtigkeit zunimmt, so wird im Sommer vorzugsweise der elektrische Aether in Wärme umgesetzt, während im Winter die Spaltungsproducte desselben vorherrschen.

Das Gesetz, dass die Verminderung des Drucks eine Vermehrung des elektrischen Aethers auf Kosten der vorhandenen Wärme zur Folge haben muss, findet in der kosmischen Physik vielfache Anwendung. Wenn z. B. in den oberen Luftregionen eine plötzliche Verminderung des Drucks, die gewöhnlich durch Wirbelstürme veranlasst wird, stattfindet, so kann die momentane Umsetzung der Wärme in elektrischen Aether ihre Wirkung in einer so plötzlichen Temperatur-Erniedrigung äussern, dass hierdurch die Hagelkörner entstehen. Ebenso wird aber auch besonders an heissen Tagen, wo die Atmosphäre eine grössere Menge von elektrischem Aether enthält, eine Zunahme des Luftdrucks eine gewisse Menge von elektrischem Aether zur Ausscheidung bringen, der sich dann theilweise in Wärme umsetzt, theilweise aber auch spaltet in $+E$ und $-E$ und so die Gewitter veranlasst. Eine solche Vermehrung der Dichtigkeit findet z. B. in den Wolkenmassen statt, wenn sich dieselben in tiefere Luftschichten zur Erde herniedersenken, oder auch wenn sich dieselben an einer Gebirgswand stossen, oder überhaupt durch das gestörte Gleichgewicht bei Stürmen gegen einander getrieben werden. Eine solche Ausscheidung des elektrischen Aethers erfolgt um so leichter, je reicher die Atmosphäre an demselben ist, also bei geringer Dichtigkeit der Atmosphäre oder niedrigem Barometerstand. Indem aber durch die Gewitter eine gewisse Menge von elektrischem Aether gespalten und aus der Atmosphäre entfernt wird, müssen zugleich diejenigen Wassermengen tropfbar flüssig werden, die durch den ausgeschiedenen elektrischen Aether im dampfförmigen Zustand erhalten worden waren. Da also bei Verminderung des Drucks stets die Wärme in elektrischen Aether umgesetzt wird, aber umgekehrt bei einer Vermehrung des Drucks der elektrische Aether sich nur zum Theil in Wärme umsetzt, zum Theil sich aber spaltet in die getrennten Elek-

tricitäten, so geht daraus hervor, dass die Grösse der Barometer-Schwankungen im Allgemeinen auf die Temperatur erniedrigend wirken müssen, was auch von der Erfahrung bestätigt wird. Auch Thau und Regen enthalten stets gewisse Mengen von Elektrizität, da der Uebergang derselben in den tropfbar flüssigen Aggregatzustand durch die Spaltung ihres Gehaltes an elektrischem Aether veranlasst wurde.

Wie im galvanischen Strom, so wird auch die Elektrizität, die in der Atmosphäre auftritt, theilweise in Magnetismus umgesetzt; es lässt sich deshalb aus allgemeinen geographischen Verhältnissen, insofern dieselben die Spaltung des elektrischen Aethers bedingen, auch auf die Lage der magnetischen Curven ein Schluss ziehen. So wird z. B. durch Condensation des Wasserdampfes der ausgeschiedene elektrische Aether theilweise gespalten; der Gehalt der Atmosphäre an Wasserdampf muss deshalb die Bildung von Magnetismus vermehren, der sich in der Ablenkung der Magnetnadel kundgibt. Wenn wir deshalb den Einfluss von Land und Meer auf die horizontale Gleichgewichtslage der Magnetnadel am Aequator betrachten, so finden wir, dass die Magnetnadel, während die Anziehung der Pole auf dieselbe die gleiche bleibt, von derjenigen Seite aus, auf welcher sich die grössere Masse von Wasser befindet, auch eine grössere Anziehung erfährt, der Punkt ihrer Gleichgewichtslage also mehr nach der Landseite liegt.

Aus diesem Grund wird der magnetische Aequator durch Süd-Amerika von der nördlichen nach der südlichen Halbkugel herübergezogen und dann in östlicher Richtung vorwärts schreitend durch die Ländermassen von Afrika und Asien veranlasst wieder auf die nördliche Halbkugel überzugehen.

Auch unter den Producten der Umsetzung, die die Sonnenstrahlen in der Erdatmosphäre erleiden, tritt Magnetismus auf

weshalb das Süd-Ende der Magnetnadel dem täglichen Lauf der Sonne folgt.

Der elektrische Aether, der am Abend nach dem Himmelsraum ausgestrahlt wird, kann schliesslich noch in Licht umgesetzt werden und gibt in dieser Weise zu mehreren der schönsten Natur-Phänomene Veranlassung. Auf dem Meere wird hierdurch namentlich in den Tropen das Meerleuchten hervorgerufen. Da indessen auch hier durch die Reibung der elektrische Aether abgestossen und in Freiheit gesetzt wird, so zeigen sich diese Lichtbildungen namentlich an den Wellenkämmen bei stark bewegtem Wasser.

In gleicher Weise ruft der elektrische Aether, der am Pol gegen den Himmelsraum ausstrahlt, durch seine Umsetzung in Licht das Phänomen des Nordlichtes hervor. Am Pol ist die Umsetzung des elektrischen Aethers zu Wärme wegen seiner geringeren Dichtigkeit am kleinsten, weshalb sich hier dessen Umsetzung in der Lichtbildung äussert; da aber gleichzeitig die Spaltungsfähigkeit des elektrischen Aethers hier am grössten ist, so muss neben Licht auch Magnetismus gebildet werden, der durch die Ablenkung der Magnetnadel wahrgenommen wird.

Mahlau & Waldschmidt. Frankfurt a. M.

Ueber die Ursachen der physikalischen Erscheinungen

Frankfurt a.M. 1874

Phys.sp. 706 h

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11189877-7